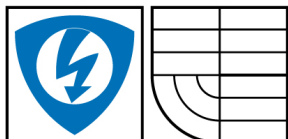




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
TECHNOLOGY

VÝROBNÍ LOGISTIKA

PRODUCTION LOGISTICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ OLEJ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ŠPINKA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektrotechnická výroba a management

Student: Bc. Tomáš Olej

ID: 83399

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Výrobní logistika

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou výroby a výrobní logistiky ve firmě ProCS s.r.o. Slovenská republika. Zaměřte se na proces výroby a montáže vybraných typů rozvaděčů tvořících majoritní část výrobního sortimentu firmy. Pro vybrané typy výrobků proveďte analýzu použitých komponent ve vztahu k technologickému postupu a pracnosti výroby. Pro určitou část montážního procesu navrhnete racionalizační opatření na snížení pracnosti a nový navržený postup ekonomicky vyhodnoťte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 29.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Jiří Špinka

prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt:

Predkladaná práca sa zaoberá problematikou výroby a výrobnjej logistiky nízkonapäťových rozvádzačov konštruovaných firmou ProCS, s.r.o.. Cieľom práce je vypracovať a vyhodnotiť návrh pre racionalizáciu výrobného a montážneho procesu. Navrhované racionalizačné opatrenie vychádza zo zoznámenia sa s technologickým postupom výroby rozvádzačov. Oboznámenie sa s výrobou a montážou marshallingových a systémových rozvádzačov umožnilo nájsť možnosť racionalizácie výroby prostredníctvom zautomatizovania zvolených montážnych činností. Zautomatizovanie procesu stripovania a krimpovania je možné prostredníctvom vhodného krimpovacieho automatu. Situácia pred a po racionalizácii je následne ekonomicky vyhodnotená, ako hodnotiaca metóda je použitá analýza bodu zvratu. Uvedeným racionalizačným opatrením je možné dosiahnuť zlepšenie flexibility výroby, zníženie priebežnej doby a úsporu výrobných nákladov.

Abstract:

This master's thesis deals with manufacturing and logistic issues of low voltage cabinets produced by ProCS, s.r.o. company. The aim is to design and evaluate manufacturing and assembling process rationalization proposal. The proposal is based on familiarization with technological process of cabinet's manufacturing. Becoming familiar with manufacturing and assembling process of marshalling and system cabinets made it possible to find an opportunity of rationalization through automation of selected assembling processes. Automation of striping and crimping process is possible through suitable crimping machine. Situation before and after rationalization is economically interpreted and evaluated using break even point analysis. Through mentioned rationalization arrangement it is possible to improve manufacturing flexibility, reduce lead times and cut down manufacturing costs.

Kľúčové slová:

výroba, montáž, logistika, rozvádzač, racionalizácia, krimpovanie, automatizácia, bod zvratu

Keywords:

manufacturing, assembling, logistic, cabinet, rationalization, crimping, automation, break even point

Bibliografická citácia mojej práce:

OLEJ, T. *Výrobní logistika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 79 s. Vedúci diplomovej práce Ing. Jiří Špinka.

Prehlásenie autora o pôvodnosti diela:

Prehlasujem, že som túto vysokoškolskú kvalifikačnú prácu vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce, s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry. Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúceho autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia § 152 trestného zákona č. 140/1961 Sb.

V Brne dne 5. 5. 2009

.....
Bc. Tomáš Olej

Pod'akovanie:

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce Ing. Jířimu Špinkovi. za užitočnú metodickú pomoc a cenné rady pri spracovávaní diplomovej práce. Ďalej ďakujem spolupracujúcej firme ProCS s.r.o., za poskytnutie priestoru k realizácii tejto práce a za odborné rady pri plnení úloh realizovaných v nadväznosti na diplomovú prácu.

OBSAH

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 11 |
| 2 | LOGISTIKA | 12 |
| 2.1 | Logistika zásobovacia..... | 13 |
| 2.2 | Logistika výrobná | 13 |
| 2.3 | Logistika distribučná | 14 |
| 2.4 | Controlling | 14 |
| 2.5 | Projektovanie | 14 |
| 3 | PREDSTAVENIE FIRMY PROCS..... | 16 |
| 4 | TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA NÍZKONAPĎŤOVÝCH ROZVÁDZAČOV..... | 17 |
| 4.1 | Všeobecné montážne požiadavky..... | 18 |
| 4.2 | Technická špecifikácia systémových rozvádzačov | 24 |
| 4.3 | Technická špecifikácia marshallingových rozvádzačov..... | 26 |
| 5 | PLÁNOVANIE VÝROBY A MONTÁŽE | 27 |
| 5.1 | Microsoft Office Project 2003..... | 28 |
| 5.2 | Harmonogram zákazky | 28 |
| 5.3 | Riadenie výroby a montáže | 31 |
| 6 | ZABEZPEČENIE VÝROBY A MONTÁŽE..... | 31 |
| 6.1 | Technická príprava výroby a montáže..... | 31 |
| 6.2 | Materiálne zabezpečenie výroby a montáže dodávkami výrobkov..... | 32 |
| 6.3 | Výber personálu na výrobu a montáž | 33 |
| 6.4 | Príprava nástrojov na výrobu a montáž | 33 |
| 6.5 | Vstupná kontrola dodaných výrobkov a služieb..... | 33 |
| 7 | REALIZÁCIA VÝROBY A MONTÁŽE..... | 33 |
| 7.1 | Výroba prototypu..... | 34 |
| 7.2 | pracovný postup pri výrobe, montáži rozvádzačov | 35 |
| 7.2.1 | Prípravná etapa | 35 |
| 7.2.2 | Prvá fáza mechanickej montáže | 37 |
| 7.2.3 | Elektromontážne práce | 39 |
| 7.2.4 | Mechanika – dokončenie | 40 |
| 7.3 | Priebeh montáže, časové normy | 41 |
| 8 | KONTROLA VÝROBY A MONTÁŽE..... | 45 |
| 9 | RACIONALIZÁCIA VÝROBNÉHO A MONTÁŽNEHO PROCESU..... | 46 |
| 9.1 | Zautomatizovanie pracovných úkonov..... | 47 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 9.2 | Zariadenia pre strihanie, odizolovanie a krimpovanie..... | 47 |
| 9.2.1 | Strihací automat - cutter | 48 |
| 9.2.2 | Odizolovávaci automat - stripper | 48 |
| 9.2.3 | Viacúčelový krimpovací automat – stripper - crimper..... | 49 |
| 9.3 | Výberové konanie krimpovacieho automatu | 50 |
| 9.3.1 | Phoenix Contact CF 3000 automatic stripping and crimping device | 52 |
| 9.3.2 | Weidmuller CRIMPFIX 2.5 automatic stripper and crimper | 53 |
| 9.3.3 | TYCO MC25 Stripper Crimper | 54 |
| 9.3.4 | Vyhodnotenie výberového konania | 55 |
| 10 | ANALÝZA BODU ZVRATU | 56 |
| 10.1 | Graf bodu zvratu | 56 |
| 10.2 | bod zvratu a zisk | 58 |
| 10.3 | Bezpečnostné rozpätie | 60 |
| 10.4 | Predpoklady analýzy bodu zvratu..... | 60 |
| 11 | EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE | 61 |
| 11.1 | Stanovenie variabilných a fixných nákladov a výnosov | 61 |
| 11.2 | Aplikácia analýzy bodu zvratu | 64 |
| 11.3 | Výpočet bodu zvratu a zisku | 65 |
| 11.4 | Zhodnotenie výsledkov | 67 |
| 12 | ZÁVER | 68 |
| 13 | ZOZNAM TABULIEK | 70 |
| 14 | ZOZNAM OBRÁZKOV | 71 |
| 15 | ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY | 72 |
| 16 | ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK..... | 73 |
| 17 | ZOZNAM PRÍLOH | 74 |
| 17.1 | Príloha A – Ganttové diagramy | 74 |
| 17.2 | Príloha B – BEP analýza stavu výroby pred racionalizáciou | 76 |
| 17.3 | Príloha C – BEP analýza stavu výroby po racionalizácii | 78 |

1 ÚVOD

V dnešnom svete vzácnosti výrobných faktorov a neúprosneho konkurenčného boja, keď firmy musia bojovať o priazeň zákazníkov najmä prostredníctvom dosiahnutých výsledkov, je jediným riešením ako zabezpečiť ekonomickú prosperitu firmy znižovanie výrobných nákladov za súčasného zvyšovania výnosov a popritom dodržania kvality. Úspora výrobných prostriedkov v jednej etape výroby umožňuje ich opätovné nasadenie v etape inej. Uvedenú úsporu firmy môžu dosiahnuť predovšetkým optimalizáciou výrobných procesov, optimalizáciou materiálového a informačného toku. Optimalizácia vedie cestou lokalizovania a následného odstránenia možných zdrojov plytvania. Samotný proces optimalizácie je náročný a vyžaduje často mnoho času a investícií, ktoré sa však v konečnom dôsledku niekoľkonásobne vrátia.

2 LOGISTIKA [1], [2]

Logistika je odvodená z gréckeho základu „logos“. Prekladá sa ako reč, rozum, ale tiež počítanie.

Najvyšším cieľom logistického riadenia je premiestňovanie tovaru, informácií, energie, osôb a financií v požadovanom zložení i kvalite v žiadanom okamžiku na požadované miesto, pri optimálnych nákladoch a s úrovňou služieb vyhovujúcich nárokom odberateľa.

Ku vzniku logistiky viedol záujem o zvýšenie efektívnosti komplexného hospodárenia. Hlavné motívy vzniku logistiky:

- úspešnejšie riešiť čím ďalej zložitejšie výrobné i distribučné procesy,
- zvládnuť problémy v internacionalizácii dodávateľsko – odberateľských vzťahov a prehlbujúcej sa deľbe práce,
- optimálne riadiť veľkosť zásob, lepšie zabezpečiť náročnejšiu dopravu a realizáciu mnohých malých tokov na veľké vzdialenosti,
- optimalizovať synchronizáciu dielčich procesov a tým znížiť straty z nevyužitia kapacít i neúmernú viazanosť prostriedkov v zásobách.

Z hľadiska optimálneho zaradenia logistiky do podnikovej organizačnej schémy je potrebné zvážiť i tri úrovne realizácie fyzickej distribúcie:

- Strategická úroveň plánovanej fyzickej distribúcie predstavuje rozhodovanie o umiestnení skladov, o výbere spôsobov prepravy, o určení systému objednávok a výmene informácií. Stratégia rieši otázky, aký by mal byť distribučný systém a formuje ho v najširších všeobecných väzbách.
- Taktická úroveň riadenia fyzickej distribúcie predstavuje krátkodobé plánovanie, využívanie zdrojov, uplatňovanie poznatkov z doterajšej prevádzky. Ide o to, ako najlepšie využiť existujúci distribučný systém, ako najlepšie využiť jednotlivé prostriedky, ktoré má obchodná firma k dispozícii.
- Operačný management rieši potom denné úlohy v rámci vymedzenej stratégie a taktiky. Úlohou je rýchlo uskutočniť bežné operácie s najnižším vynaložením práce a nákladov.

Logistika z hľadiska materiálového toku vytvára subsystemy:

- logistika zásobovacia
- logistika výrobná
- logistika obchodná (distribučná)

2.1 LOGISTIKA ZÁSOBOVACIA [1]

zaisťuje obstaranie materiálov, surovín a súčiastok v požadovanej kvalite s čo najnižšími nákladmi.

Hlavná úloha zásobovania sa spravidla delí do dielčích úloh:

- úlohy orientované na trh a spojené s uzatváraním zmlúv a prieskumom nákupného trhu, otváranie a uzatváranie nákupného jednanie, cenovú a hodnotovú analýzu, správu nákupu,
- správne a fyzické úlohy spojené s tokmi materiálu a tovaru, prevzatie a kontrola tovaru, skladovanie a správa skladov, vnútropodniková doprava, plánovanie, riadenie a kontrola hmotných a informačných tokov.

Úsek nákupu zaisťuje výber dodávateľov pre zásobovanie požadovanými materiálmi podľa výsledkov uskutočneného prieskumu trhu. Druhý významný okruh úloh úseku nákupu zahŕňa jednanie s dodávateľmi a následné zostavovanie a uzatváranie zmlúv. Nákup musí usilovať o znižovanie nákupných nákladov spracovávaním permanentných cenových a hodnotových analýz. Úlohy zásobovacej logistiky a del'ba úloh závisí v každom konkrétnom prípade na veľkosti podniku, podnikovej štruktúre, význame zásobovania pre konkrétny podnik a mnohých ďalších faktoroch.

2.2 LOGISTIKA VÝROBNÁ [1]

zahŕňa logistické procesy v oblasti výroby, vrátane zásobovania surovinami, výrobnými prostriedkami a dopravy pre vlastnú výrobu, presuny materiálu v rámci výroby až po výstup tovaru z výrobného procesu.

Výroba ako proces konverzie surovín do polotovarov a finálnych výrobkov je základným procesom úplne protichodným oproti spotrebe. Vo výrobnom systéme závislom na množstve produkcie to vedie k akumulácii zásob a rozpracovanosti, čím sa zvyšuje riziko zmárnenia, riziko zastaranosti a ohrozenie likvidity podniku. Uplatnenie logistiky vyžaduje priebežné plánovanie a riadenie výroby, ktoré je podmienkou úspešnej aplikácie princípu medziodborovej koordinácie. Priebežnosť a nepretržitosť plánovania a riadenia vo výrobe pritom nevyžaduje vždy vzájomné informačné prepojenie všetkých funkcií, ako je charakteristické pre centralizovaný spôsob riadenia. Dobré služby môže v tejto oblasti poskytnúť (pri zodpovedajúcom návrhu plánovacieho subsystému, vyššom počte rôznych výrobkov a dielov a malých výrobných sériách) tiež decentralizovaný systém riadenia výroby.

2.3 LOGISTIKA DISTRIBUČNÁ [1]

zahŕňa pohyb tovaru od výroby až po zákazníka, teda odbyť, dopravu, činnosť veľkoobchodu i maloobchodu.

Distribučná logistika predstavuje prepojujaci článok medzi výrobou a odbytovou časťou podniku. Zahŕňa všetky skladové činnosti a dopravné presuny tovaru k odberateľovi (zákazníkovi), s tým spojené informačné, riadiace a kontrolné činnosti. Cieľom je dať k dispozícii správny tovar vo správnej dobe na správne miesto v správnom množstve a kvalite a súčasne vytvoriť optimálny pomer medzi súborom dodacích služieb, ktoré je schopný podnik poskytovať, alebo je zákazníkom požadovaný a vznikajúcimi nákladmi.

2.4 CONTROLLING [1]

je jednou zo základných činností logistiky. Tento pojem vznikol v USA. Zahŕňa prierezovú podnikovú činnosť, teda hlavne riadenie a môžeme konštatovať, že jeho obsah sa neustále vyvíja. Ide o podporný podsystem vedenia podniku, pre koordináciu plánovania, riadenia, kontroly a samozrejme aj získavania informácií pre rozhodovaciu spätnú väzbu. Jeho hlavnou úlohou je zaisťovať koordináciu rozhodovania na rôznych úrovniach a medzi rôznymi rozhodovacími úsekmi. Controlling je teda orientovaný na rozhodovanie. Ďalšou jeho úlohou je koncentrácia a tzv. zhusťovanie informácií, s ohľadom na to, že pre rôzne rozhodovacie úrovne je potrebné poskytnúť informácie patrične spracované. Controlling by mal prispieť ku zladeniu plánu a ku koordinácii všetkých podnikových úsekov i všetkých rozhodovacích úrovní. Cieľom jeho činnosti je pripraviť informácie a prispieť k adekvátnemu rozhodnutiu.

2.5 PROJEKTOVANIE [1], [2], [8], [9]

Projekt je v podstate súbor činností, ktorý má na konci nejaký výsledok. Každý projekt má jak dátum zahájenia, tak dátum dokončenia. Obvykle je jedno z dát zadane projekt managerom, poprípade užívateľom a druhé z dát je dopočítane použitou plánovacou aplikáciou.

Projekt je možné rozdeliť na malé súčasti – úlohy. Každá úloha má určenú dobu trvania a existujú určité vzájomné väzby medzi nimi. Existujúce väzby sú napríklad väzba dokončenie – zahájenie, ďalší typ väzby nastane, ak obidve úlohy musia byť dokončené v rovnaký čas (väzba dokončenie - dokončenie), poprípade musia v rovnaký čas začať (väzba zahájenie - zahájenie). Úlohy môžu mať tiež časové obmedzenia.

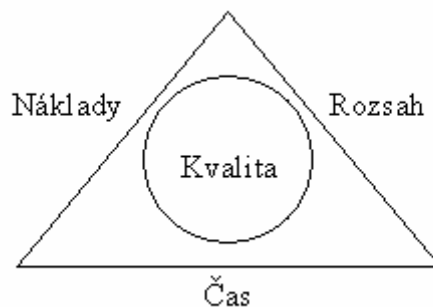
K úlohám obvykle priradzujeme zdroje, ktoré môžu byť jak pracovné, tak materiálové. Materiálové zdroje sa v priebehu projektu postupne spotrebúvajú. Pracovnými zdrojmi rozumieme ľudí alebo stroje, ktoré odvádzajú prácu a tým posúvajú projekt dopredu. Na úlohe vzniká tak práca, ktorá sa plánuje podľa zvoleného pracovného kalendára popisujúceho pracovný a nepracovný čas (napríklad všedná osemhodinová pracovná doba s víkendovou prestávkou). Zdroje môžu byť preťažené, teda budeme po nich chcieť viac práce ako sú schopné vykonať (napríklad zdroj priradíme na úlohy v rámci jedného projektu, ktoré bežia súčasne).

Ku každému zdroju je možné definovať náklady, teda cenu za jednotku práce alebo za materiál. Podľa dĺžky trvania úlohy sa potom prepočíta cena potrebná na splnenie danej úlohy a nakoniec aj celého projektu.

Na začiatku vytvoríme smerný plán (baseline), ktorý charakterizuje náš plán z hľadiska doby trvania a jeho ceny. Hneď ako sa projekt rozbehne, zadávame reálne časy dokončenia a reálne náklady úloh a môžeme tak analyzovať ako sa líši reálna situácia oproti plánovanej (oproti baseline). Môžeme počas práce meniť plán projektu, nasadiť ďalšie zdroje k úlohám, ktoré sa oneskorujú alebo úlohy inak preplánovať. Môžeme sledovať kritickú cestu, teda úlohy, ktoré priamo ovplyvňujú dobu trvania celého projektu.

Jedným z najznámejších nástrojov na sledovanie pokroku projektu je Ganttov diagram. Každá úloha je v Ganttovom diagrame reprezentovaná ako jeden vodorovný pás. Dĺžka jednotlivých vodorovných pásov, známych ako Ganttové pásy alebo úlohové pásy, určujú dobu trvania úlohy alebo dĺžku časového obdobia, do ktorého sa úloha musí splniť. Ganttov diagram je tak v správe projektu skvelým nástrojom na rýchlu kontrolu stavu jednotlivých úloh v čase. Linky medzi jednotlivými úlohami znamenajú väzbu medzi úlohami, napríklad ak jedna úloha nemôže začať skôr ako iná úloha skončí. V Ganttovom diagrame sa taktiež zvykne k jednotlivým pásom priradzovať meno zdroja alebo priradenej úlohy.

Vzájomnú závislosť medzi nákladmi, teda celkovou cenou projektu, časom, celkovou dobou trvania projektu a rozsahom, teda celkovou komplexnosťou projektu popisuje projektový trojuholník. Zmena jedného parametru tohto trojuholníka obyčajne ovplyvní aj obidva zostávajúce. Všetky tieto tri parametre majú na projekt veľký vplyv, no zvyčajne jeden z nich býva rozhodujúci. Napríklad ak chceme skrátiť dobu trvania projektu, teda čas, môže to spôsobiť zvýšenie nákladov na projekt a zníženie jeho rozsahu. Do uvedeného trojuholníka sa niekedy tiež pridáva ďalší ukazovateľ – kvalita. Tento faktor neovplyvňuje ostatné ukazovatele, ale je naopak nimi priamo určený. Ak teda zmenšíme náklady, pravdepodobne sa zmenší i kvalita projektu, podobne to funguje i s ostatnými faktormi.



Obr. 1 Projektový trojuholník

3 PREDSTAVENIE FIRMY PROCS [15]

ProCS, s.r.o., založená 28. mája 1992, sa vyprofilovala z útvaru automatizovaných systémov riadenia technologických procesov (AS RTP) v Duslo, š.p. Šaľa. Ťažisko práce útvaru AS RTP spočívalo v aplikáciách riadiacich a výpočtových systémov pri riadení technologických procesov v rámci investičných akcií a rekonštrukcií technológií, ako aj v ich softvérovej a hardvérovej údržbe.

Dňom 7. februára 2007 sa medzinárodná skupina VINCI Energies stala majoritným spoločníkom ProCS, s.r.o. VINCI Energies je lídrom na trhu Francúzska a zároveň zastáva významné postavenie na trhu európskom v oblasti elektrotechnických a informačných technológií.

ProCS predstavuje dynamicky sa rozvíjajúcu inžiniersku spoločnosť, ktorá vystupuje v úlohe:

- dodávateľ a riešení „na kľúč” v oblasti automatizácie, merania a regulácie v troch základných produktových líniách: procesná automatizácia, servis, výroba a montáž rozvádzačov
- systémového integrátora dodávok zariadení od nasledovných významných svetových výrobcov automatizačnej, meracej a regulačnej techniky: Yokogawa, Honeywell, Foxboro, Rockwell Automation, Siemens, Emerson, Mitsubishi Electric

ProCS má svoju hlavnú základňu zákazníkov v nasledovných odvetviach priemyslu Slovenska:

- chemický a farmaceutický priemysel
- energetický priemysel
- celulózo-papierenský priemysel

V súčasnosti spoločnosť rozširuje svoje aktivity na trhy Európskej únie, a to predovšetkým ako subdodávateľ inžinierskych činností pre renomované zahraničné spoločnosti. Medzi najvýznamnejšie priemyselné odvetvia v rámci exportu patria:

- priemysel ropy a plynu
- hutnícky priemysel

V priebehu svojej podnikateľskej činnosti sa ProCS postupným rozvojom a zdokonaľovaním zaradila medzi popredné spoločnosti pôsobiace na domácom trhu v oblasti priemyselnej automatizácie. Zámerom ProCS je ďalej rozvíjať silnú a zdravú spoločnosť uznávanú nielen na domácom, ale aj zahraničnom trhu, ktorá bude uspokojovať požiadavky zákazníkov k maximálnej spokojnosti.

V rámci celej spoločnosti je vybudovaný systém manažérstva kvality podľa požiadaviek systémovej normy ISO 9001:2000 a nadstavby pre oblasť vývoja, dodávky a údržby softvéru TickIT Scheme. Za preukázanie fungovania systému manažérstva kvality ProCS obdržala v roku 1996 certifikát kvality Lloyd's Register Quality Assurance Limited.

4 TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA NÍZKONAPÄŤOVÝCH ROZVÁDZAČOV [3], [4]

Pod pojmom nízkonapäťový rozvádzač rozumieme kombináciu jedného alebo viacerých spínacích prístrojov spolu s pridruženým riadiacim, meracím, ochranným zariadením, ktorú úplne zostavil výrobca, vrátane všetkých vnútorných elektrických a mechanických spojov a konštrukčných častí. Prístroje a zariadenia vstavané do rozvádzača môžu byť elektromechanické alebo elektronické.

V tejto časti bude uvedená jak všeobecná technická špecifikácia rozvádzačov, tak bližšia funkčná charakteristika rozvádzačov, ktoré predstavujú majoritnú časť každej zákazky. Konkrétne ide o rozvádzače marshallingové a rozvádzače systémove, okrem uvedených dvoch typov rozvádzačov bývajú súčasťou zákazky aj rozvádzače typu power distribution (napäťové) alebo network (sieťové) rozvádzače, ich podiel na zákazke je však v porovnaní s prvými dvoma uvedenými typmi oveľa menší (štatisticky napr. na desať marshallingových rozvádzačov pripadá približne jeden napäťový rozvádzač).

Technické dáta:

Rozvádzače sú v prevádzkach inštalované v klimatizovaných priestoroch, ktorých vnútorné prevádzkové podmienky sú:

Teplota: prevádzková +5 °C do +40 °C
transportná: -25 °C do +60 °C
zmeny: 10 °C/h

Vibrácie: akcelerácia 5 m/s²
trvanie menej ako 5 s

Stupeň znečistenia: 0,3 mg/m³

Parametre rozvádzačov:

Výška: 2100 mm zahŕňajúca sokel

Šírka: 800 mm

Hĺbka: 800 mm

Farba: RAL 7035, svetlo sivá (Rittal štandardná)

Typ: séria TS-8808

Krytie: IP-55 bez ventilácie, IP-54 s ventiláciou, IP-20 pre vnútorné komponenty, pre svorkovnice so živým napätím nad 50V je predpísaný ochranný plexi kryt

4.1 VŠEOBECNÉ MONTÁŽNE POŽIADAVKY [19], [20]

Prístup

Rozvádzače majú predný a prípadne aj zadný vstup cez jednoduché dvere. Dvere sú opatrené ventilačnými žalúziami a majú držiaky na dokumentáciu pre formát dokumentov A4. Dvere a odnímateľné panely sú montované s tesneniami. Dvere je možné zamknúť kľúčom.

Všetky rozvádzače majú ľahký prístup ku všetkým zariadeniam a zapojeniam pre ľahkú inštaláciu a manipuláciu. Všetky časti zariadení so skrutkami sú prístupne skrutkovaču. Priestor medzi vodičovými žľabmi a skrutkovacími spájacími miestami musí byť najmenej 40 mm.

Nasadzovacie zariadenia ako ističe, relé a svorkovnice sú prichytené na DIN lište o rozmeroch 35x15 mm alebo 35x7 mm. Zariadenia rovnakého typu (relé, izolátory) sú zoskupené dokopy najviac ako je to možné. Pre všetky komponenty musí byť ponechaný rezervný priestor pre budúce rozšírenie 10 % až 30 %, podľa požiadaviek zákazníka.

Chladenie

Keď sú v rozvádzači inštalované zariadenia, ktoré generujú teplo, ktoré môže zvýšiť teplotu nad prevádzkový limit, tak musí byť rozvádzač zabezpečený ventilátorom, väčšinou vo vrchnej časti rozvádzača. Ventilátor sa typicky využíva pri systémových rozvádzačoch. Otvor so vzduchovým filtrom býva umiestnený v spodnej časti dverí rozvádzača. Filtračno ventilačná jednotka a na dverách umiestnený filter prívodu vzduchu musia byť zabezpečené EMC clonou. Každý ventilátor je vybavený prietokovým snímačom vzduchu alebo snímačom otáčok na generovanie poplachu v prípade poruchy ventilátora. Vo vrchnej, vnútornej časti rozvádzača je nainštalovaný regulovateľný termostat na generovanie poplachu v momente vysokej vnútornej teploty.

Alarmové obvody

Poplachové obvody rozvádzačov sú inštalované na vytvorenie alarmu v prípade chýb. Všetky systémové rozvádzače musia mať individuálny alebo spoločný poplachový obvod pre zlyhanie ventilátorov (prúdenia vzduchu) a meranie teploty rozvádzačov. Všetky marshallingové rozvádzače musia mať poplachový obvod pre chybu napájania I/O modulov a chybu zemnenia.

Osvetlenie

Osvetlenie je inštalované do vrchných sekcií každého rozvádzača. Osvetlenie je napájané zo zdroja 230 V AC. Používa sa fluorescenčné svetlo vybavené dverovým vypínačom alebo infračerveným senzorom.

Zásuvky

Do každého rozvádzača je inštalovaná jedna napäťová zásuvka, napájaná zo zdroja 230 V AC. Tieto zásuvky sú na napájanie malých servisných zariadení. Servisné zásuvky sú európskeho typu.

Žľaby, svorky a vodiče

Žľaby

Pre napätie väčšie ako 50 V, pre napätie pod 50 V a pre IS (iskrovo bezpečné) signály sú použité oddelené vodičové žľaby. IS vodičové žľaby sú modré. Vlastný iskrovo bezpečný vodič a žľaby sú oddelené od NON-IS vodičov a žľabov. Na signálne poľné káble, vnútorné vodiče a napájacie vodiče sa používajú oddelené káblové žľaby.

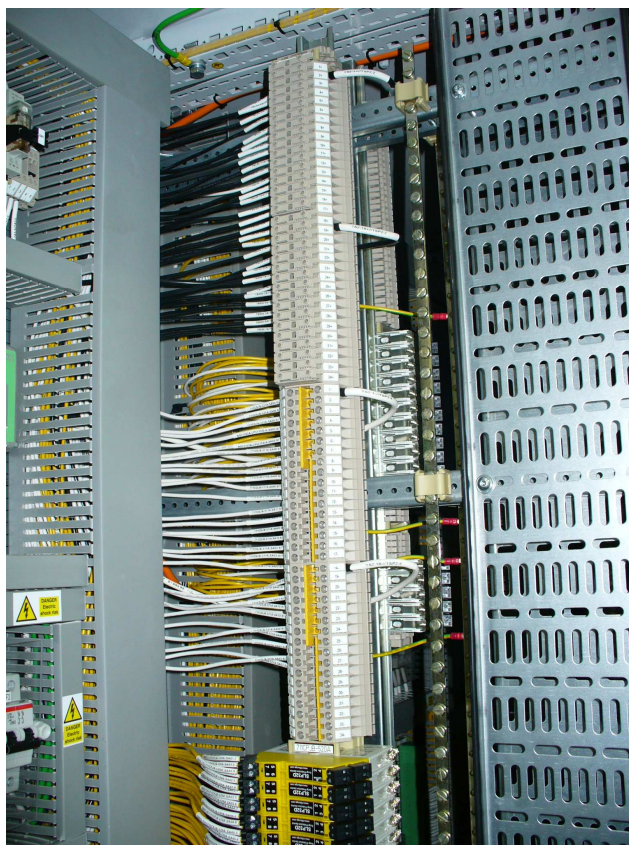
Vertikálne a horizontálne žľaby sú zakryté krytmi a nesmú prekročiť 70% plnosti žľabu.

Typy svoriek

Poľné svorky sú nožového typu s mostíkom, umožňujúcim odpojenia z poľa. Poistkové svorky sú vybavené indikátormi pre prípad zlyhania poistky. Svorky pre IS signály sú modré, pre NON-IS béžové. Okrem uvedených typov svoriek sa používajú aj iné typy ako napr. svorky so skrutkovým upínaním, s prítlačným upínaním a pod..

Farebné značenie vodičov

| Signál | farebné vyhotovenie | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| 24 V DC | červený (+) | čierny (-) |
| 230 V AC | čierny (živý) | modrý (neutrálny) |
| Ochranná zem (PE) | zelenožltý | |
| Inštrumentálna zem (IE) | zelený | |
| NON-IS signál | svetlo sivý, biely, žltý | |
| IS signál | modrý | |



Obr. 2 Zapojenie svoriek svorkovnic

Vnútorne vodiče

Ako štandardná veľkosť pre vnútorné vodiče je požadovaná minimálna veľkosť plochy prierezu vodiča $0,5 \text{ mm}^2$. Vnútorne vodiče pozostávajú zo spletej tenkej medi s izoláciou do 600 V a 100 °C. Vodiče vkladané do skrutkových spájacích bodov sú ukončené lisovanými vodičovými dutinkami. Viac ako jedna dutinka do jednej svorky alebo spájacieho bodu nie je dovolená.

Všetky vodiče zapojené vo svorkách a na komponentoch musia byť obstarané popisovateľnou zmršťovacou bužírkou. Zmršťovacie bužírky nesú kód a číslo spojenia príslušného komponentu alebo svorky. Zmršťovacie bužírky sú umiestnené čitateľne.

Káblovanie

I/O moduly systémových rozvádzačov sú pripojené do marshallingových rozvádzačov špeciálnymi systémovými I/O káblami. Tieto káble sú na oboch koncoch opatrené zástrčkami na zapojenie do I/O modulov na jednej strane a do marshallingových vstupno-výstupných kariet (MTA) na strane druhej. MTA karty sú opatrené svorkami pre prepojenie vodičov z ranžirovacích vstupných svoriek.

NON-IS a IS delenie

Minimálna vzdialenosť medzi IS a NON-IS zariadeniami musí byť 50 mm. Pre IS signály sú použité oddelené vodičové žľaby a rozpojiteľné svorky. IS obvod je normálne umiestnený vo vyhradenej sekcii v skrini rozvádzača (napr. zadná strana rozvádzača). Dodatočné oddelenie je možné oddelením priestoru kovovými plechmi.

Napájanie

Všetky rozvádzače sú napájané z redundantných 230 V AC / 24 V DC zdrojov. 230 V AC zdroj slúži na napájanie všetkých hlavných komponentov rozvádzača. Doplnkové napájanie je zabezpečené ďalším 230 V AC / 24 V DC zdrojom pre pomocné zariadenia. Pre vlastnú funkciu I/O zariadení je potrebné napätie 23-25 V DC. Na prevod AC napájania do 24 V DC I/O napätia je potrebné s vysokou spoľahlivosťou stabilizovať napájaciu jednotku. Výstupy z dvoch napájacích jednotiek sú spojené cez diódy na vytvorenie redundantného signálu 24 V DC I/O napätia.



Obr. 3 Napájanie rozvádzača

Bezpečnostná zem

Medená zemniaca zbernica s minimálnou plochou prierezu 75 mm^2 je nainštalovaná na podlahe každého rozvádzača pre bezpečnostnú zem. V prípade viacerých zemniacich líšť budú spojené zemniacim vodičom s minimálnou plochou prierezu 25 mm^2 .

Všetky časti rozvádzača, hlavne dvere, steny, rámy sú pospojované a pripojené do ochrannej zemniacej lišty spletenými vodičmi s plochou prierezu 6 mm^2 .

Rozvádzače majú uzemnenú káblovú prídržnú lištu. Káblová prídržná lišta sa používa na uzemnenie pancierovania poľných káblov.

Inštrumentálna zem

Všetky marshallingové rozvádzače sú opatrené izolovanou inštrumentálnou zemniacou lištou s minimálnou plochou prierezu 75 mm^2 na zabezpečenie referenčnej zeme pre tienenie poľných káblov. Zemniaca lišta je inštalovaná v bočnej časti rozvádzača v blízkosti ranžirovacích svoriek.



Obr. 4 Zemniaca zbernica

Značenie

Rozvádzače

Každý rozvádzač musí byť identifikovaný laminátovým štítkom s čiernym textom na bielom podklade, ktorý bude uchytený oceľovými skrutkami alebo nitmi. Veľkosť a rozmiestnenie štítkov je zadáva zákazník.

Komponenty

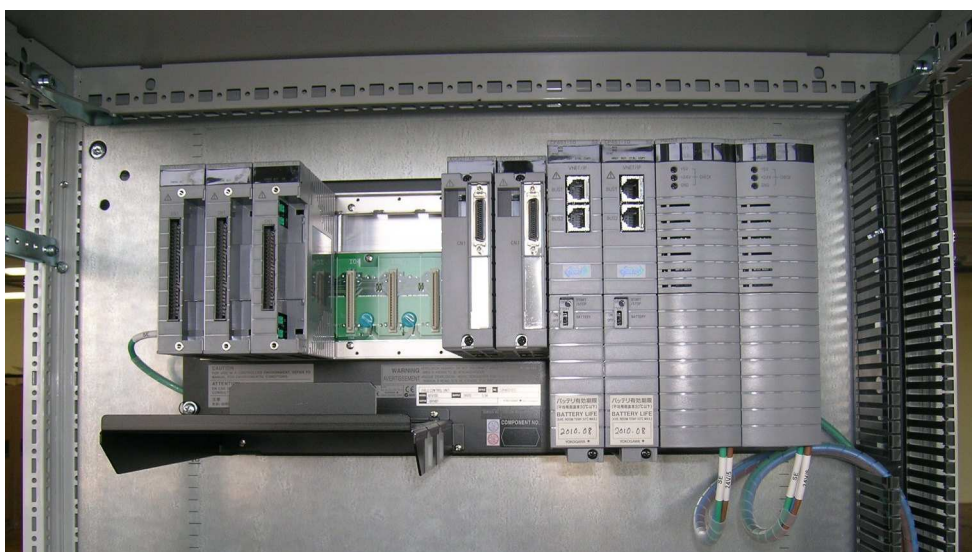
Všetky komponenty musia byť čitateľne označené. Označenie vo vnútri rozvádzačov je zaistené vhodnými štítkami, navrhnutými pre široký rozsah podmienok prevádzkového prostredia (aplikovateľnosť pre maximálne teploty do 70°C). Štítky sú umiestnené na komponenty a súčasne aj pod komponenty.



Obr. 5 Označenie rozvádača

4.2 TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA SYSTÉMOVÝCH ROZVÁDZAČOV

Systémové rozvádzače slúžia na umiestnenie komponentov riadiaceho systému a k nim patriacich napájacích zdrojov. Systémové rozvádzače majú 19 palcovú internú upevňovaciu konštrukciu alebo celoplošnú montážnu dosku pre uchytenie systémových komponentov. Na vrchu rozvádzača je inštalovaný 19 palcový rack nesúci CPU uzol (node). Typický riadiaci systém je konštruovaný na báze základnej nosnej dosky (backplane) osadenej internými napájacími zdrojmi, procesormi, komunikačnými modulmi a I/O kartami. Táto zostava sa označuje ako CPU uzol.



Obr. 6 CPU node systémového rozvádzača

Pre spracovanie väčšieho počtu I/O sú používané rozširujúce sady 19 palcových rackov, teda backplane osadené uvedenými komponentami s výnimkou procesorov. V závislosti na množstve I/O pridelených k CPU uzlu, sú pod CPU uzlom v jednostrannom rozvádzači nainštalované maximálne 4 ďalšie rozširujúce uzly. Rozširujúce uzly sú prepojené s CPU uzlom redundantnou komunikačnou zbernicou. Všetky uzly musia byť uchytené tak, že sú izolované od ocelevej konštrukcie rozvádzača a od zeme rozvádzača. V procesorovej jednotke sa realizujú všetky výpočtové, regulačné, blokačné a logické algoritmy prevádzkových a bezpečnostných požiadaviek. Procesorová jednotka je okrem prepojenia s prevádzkou prostredníctvom marshallingového rozvádzača prepojená systémovou zbernicou tiež na operátorské vizualizačné pracovisko a inžinierske konfiguračné pracovisko.

Po oboch stranách rozvádzača sú uchytené káblové žľaby na vedenie systémových káblov. Systémové káble sú následne zapojené priamo do uzlov. Káblový vstup cez podlahu rozvádzača s káblou prídržnou lištou, je umiestnený v sokle rozvádzača.



Obr. 7 Systémový rozvádzač s tromi pomocnými uzlami

4.3 TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA MARSHALLINGOVÝCH ROZVÁDZAČOV

Základnou funkciou marshallingových rozvádzačov je pripojenie signálnych káblov z prevádzky a zoskupenie do skupín podľa počtov prislúchajúcich I/O modulom (kartám) riadiaceho systému. Súčasne s preskupením signálov je v marshallingových rozvádzačoch realizované galvanické oddelenie signálov a/alebo iskrovo bezpečné oddelenie signálov, konverzia signálov na inú napäťovú alebo prúdovú úroveň alebo realizovanie prepäťovej ochrany signálov. Signály z poľa bývajú privedené multikáblami s dodržaním zásady vedenia signálov rovnakej napäťovej úrovne v jednom kábli a delenia IS a NON-IS signálov do rozdielnych káblov. Odizolované multikáble sú privedené v definovanom poradí na vstupnú (poľnú) svorkovnicu a z nej sú jednoduchými vodičmi preskupené cez marshallingové ukončovacie karty (MTA). MTA môžu byť vyhotovené ako:

- sada svoriek prepojená na konektorovú zásuvku,
- svorky vyvedené cez relé na konektor,
- svorky cez galvanické/IS oddeľovače prepojené na konektor,
- svorky vyvedené cez prevodník signálu na konektor.

Na konektor sa pripájajú systémové káble vedúce cez konektor na I/O karty riadiaceho systému systémových rozvádzačov.

Marshallingový rozvádzač je vybavený montážnou doskou. Na montážnej doske sú uchytené DIN lišty a žľaby. Na vedenie systémových káblov sú v strede rozvádzača uchytené káblové oká. Veľkosť káblových ôk musí byť vyhovujúca pre všetky systémové káble.

Po oboch postranných stenách rozvádzača je vertikálne uchytený kovový žľab a DIN lišty pre poľné svorky. Žľaby na vedenie poľných káblov sú umiestnené vpredu v rozvádzači. Medzi káblovým žľabom a poľnými svorkami je uchytená inštrumentálna zemniaca lišta odizolovaná od rozvádzača. Poľné svorky sú zoradené a zoskupené v súlade s poľnými káblami. Prepojenie káblov medzi poľnými svorkovnicami a systémovými svorkovnicami na MTA vo vnútri rozvádzača je uskutočnené prostredníctvom samostatných vodičov cez vodičové žľaby.



Obr. 8 Marshallingový rozvádzač

5 PLÁNOVANIE VÝROBY A MONTÁŽE

Pre tvorbu výrobného plánu a riadenie priebehu výroby nízkonapäťových rozvádzačov existujú rozdielne východiská. Projektovú dokumentáciu pre výrobu rozvádzača dodáva zákazník, alebo v druhom prípade je súčasťou zákazky tiež vypracovanie projektovej dokumentácie. V ďalšom texte budem uvažovať prípad, že projektovú dokumentáciu pre výrobu rozvádzača dodáva zadávateľ zákazky.

Výroba a montáž nízkonapäťových rozvádzačov spoločnosťou ProCS je jednoznačne zákazkovo orientovaná, keďže výstup výroby je priamo špecifikovaný zákazníkom. Z hľadiska množstva vyrábaných produktov a počtu druhov je výrobu možné označiť za malosériovú, priemerná veľkosť zákazky je 45 rozvádzačov. Paralelne prebiehajú obyčajne 2

až 3 zákazky výroby a montáže rozvádzačov. Počet typov rozvádzačov pripadajúcich na zákazku býva najčastejšie 2 až 4. Pri zabezpečovaní potrebného materiálu pre vypracovanie zákazky sa vychádza z kusovníka, časť komponentov sa nachádza priamo v skladových zásobách a zvyšná časť sa musí doobjednať u dodávateľov. Z hľadiska skladových zásob sa sleduje rovnováha medzi potrebou a jej pokrytím tak, aby veľkosť zásob bola čo najmenšia, aby v zásobách bol viazaný čo najmenší kapitál. Samotná výroba prebieha vo výrobných dielňach (halách), kde sú jednotlivé výrobky pre zákazku usporiadané do typových skupín, čím sa sleduje splnenie zvoleného optimalizačného kritéria. Ako toto kritérium sa volí najčastejšie minimalizovanie doby rozpracovanosti.

Dodržiavanie postupov pri plánovaní výroby a montáže rozvádzačov priamo ovplyvňuje kvalitu, vrátane ich údržby a procesov pre uvádzanie do prevádzky.

Proces plánovania a riadenia výroby a montáže sa spravidla začína na základe požiadaviek vedúceho zákazky. Vedúcim zákazky je pracovník Úseku riadenia projektov (ÚRP) zaradený na funkciu projektmanažér, ktorý spracováva pre každú zákazku harmonogram zákazky v MS Projekt-e.

5.1 MICROSOFT OFFICE PROJECT 2003 [8], [18]

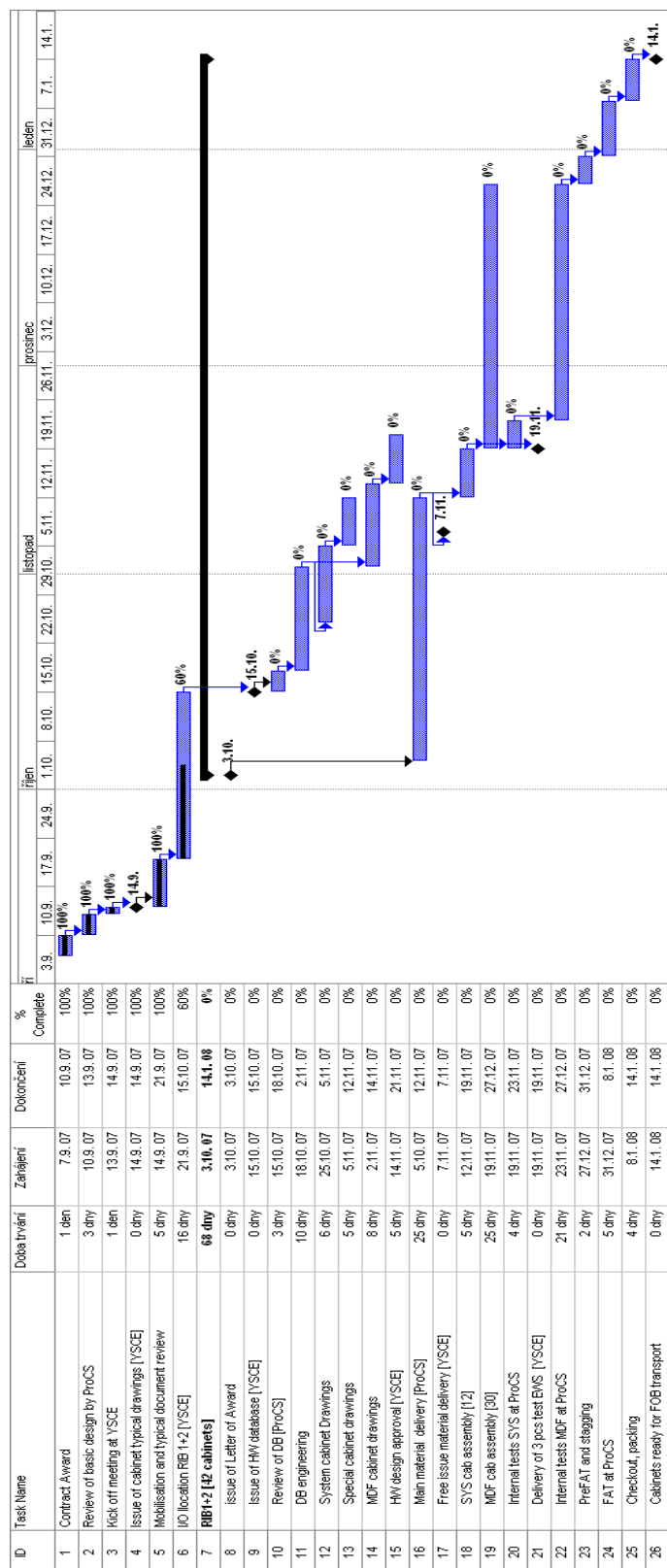
Aplikácia Microsoft Project sa používa k plánovaniu, sledovaniu a riadeniu projektov a ku komunikácii s projektovým tímom. Svojím užívateľským rozhraním a ovládaním koncepčne zapadá medzi aplikácie sady Microsoft Office. Microsoft Project ponúka celý rad nástrojov pre riadenie projektov s výhodným pomerom využiteľnosti, účinnosti a flexibility, ktorý zaisťuje stálu informovanosť a kontrolu nad prácou na projekte, plánmi a financiami. Efektívna práca s aplikáciou Microsoft Project, okrem znalosti používania samotnej aplikácie, vyžaduje taktiež znalosť problematiky projektového riadenia.

5.2 HARMONOGRAM ZÁKAZKY

Pre popis a bližšiu charakteristiku procesu plánovania a výroby nízkonapäťových rozvádzačov bude slúžiť nasledujúca modelová zákazka. S prihliadnutím na štatistické údaje bude zákazka pozostávať z dvoch typov rozvádzačov, konkrétne z tridsiatich kusov marshallingových rozvádzačov a dvanástich systémových rozvádzačov. Celkový rozsah zákazky je 42 rozvádzačov. Celková priebežná doba uvažovanej zákazky od uzatvorenia zmluvy so zákazníkom až po transport hotových rozvádzačov je 86 dní. Priebežná doba montáže rozvádzačov z toho predstavuje 30 dní.

V nasledujúcom texte budú bližšie charakterizované jednotlivé úkony, ktoré sú uvedené v modelovej schéme harmonogramu zákazky. Vysvetlenie bude uvádzané vo forme: „Úvodná schôdza k projektu organizovaná zadávateľom zákazky (ID 3)“, čo znamená, že komentár sa vzťahuje k úkonu s poradovým číslom tri „Kick off meeting at YSCE“.

Na samom začiatku harmonogramu sa nachádza uzatvorenie rámcovej zmluvy (ID 1) so základnými obchodnými podmienkami, ktoré sú ďalej upresňované a doplnené ďalšími úkonmi, ktoré budú v harmonograme nasledovať. Po uzatvorení zmluvy nasleduje kontrola prvotného návrhu danej zákazky (ID 2) a úvodná schôdza k projektu organizovaná zadávateľom zákazky / zákazníkom (ID 3), po ktorej zadávateľ poskytne typové výkresy rozvádzačov (ID 4), ktoré slúžia pre detailnejšie oboznámenie sa s požiadavkami zákazníka a ďalej sú však po mnohých stránkach upravované. Na základe typovej dokumentácie ProCS zostaví tím pracujúci na zákazke a dôjde ku kontrole dodanej dokumentácie a jej prípadnému pripomienkovaniu zo strany ProCS (ID 5). Nasleduje rozvrhnutie vstupno-výstupných pozícií pre jednotlivé typy rozvádzačov, ktoré je vypracované zákazníkom (ID 6). V ďalšom kroku je vystavená objednávka na konkrétnu časť technológie, ktorá bude využitá pri výrobe požadovaných typov rozvádzačov (ID 8), s týmto krokom súvisí doručenie voľne dodaného materiálu od zadávateľa zákazky (ID 17). Závávateľ tiež vystaví hardware-ovú databázu (ID 9), ktorá je overená zaškolenými pracovníkmi ProCS (ID 10) a nadväzuje na dokončený návrh rozmiestnenia vstupno-výstupných pozícií. Hardware-ová databáza je ďalej spracovávaná a upravovaná (ID 11) v súbehu s vypracovaním realizačnej projektovej dokumentácie pre požadované typy rozvádzačov, v tomto prípade rozvádzačov systémových a marshallingových (ID 12, 13, 14), ktorá vychádza z hardware-ovej databázy. Zákazníkom musí byť odsúhlasené navrhované rozloženie hardware-u, design rozvádzačov (ID 15). Po doručení a dodaní potrebného materiálu (ID 16 a 17) je zahájená samotná montáž požadovaného počtu rozvádzačov od každého typu, systémových (ID 18), marshallingových (ID 19). Ako je vidieť z priloženého Ganttovho diagramu, už v priebehu montáže sú zahájené testy (ID 20, 22) skonštruovaných rozvádzačov, hneď ako je dokončená časť rozvádzačov zabezpečujúca plynulé testovanie a je doručená inžinierska pracovná stanica, prostredníctvom ktorej sú testy uskutočňované (ID 21). Po vykonaní interných testov a odstránení prípadných chýb nasleduje príprava na integračný test za účasti zákazníka (FAT test) (ID 23) a následne test samotný (ID 24). Posledným krokom je odstránenie nájdených závad pri FAT teste, výstupná kontrola, balenie (ID 25) a príprava na transport vyrobených rozvádzačov.



Obr. 9 Harmonogram zákazky

5.3 RIADENIE VÝROBY A MONTÁŽE

Riadenie výroby a montáže sa uskutočňuje na základe pokynov vedúceho úseku výroby a montáže (ÚVaM), ktorý pre jednotlivé etapy výroby a montáže, definované vedúcim zákazky, určí pracovníkov zodpovedných za vykonávanie jednotlivých činností. Vedúci ÚVaM vychádza z požiadaviek vedúceho zákazky, z vypracovanej projektovej dokumentácie alebo projektovej dokumentácie dodanej zákazníkom podľa podmienok dohodnutých v zmluve, zo súvisiacej výrobnno-výkresovej a technickej dokumentácie, z kritérií vyplývajúcich z technických noriem a z kapacitného plánu účasti pracovníkov OVR a externistov na zákazkách. Podrobnejšie naplánovanie termínov dodávok materiálu a prác, ktoré sú potrebné pre zabezpečenie plnenia objemov výroby rozvádzačov dohodnutých zmluvne so zákazníkmi stanovuje týždenný plán a denné pokyny, ktoré spracováva vedúci ÚVaM v spolupráci s povereným technickým pracovníkom OVR.

Týždenný plán sa spracováva vo forme prehľadovej tabuľky, v ktorej sa sleduje koľko a akých rozvádzačov je potrebné v danom týždni vyrobiť. Tento plán (Excell tabuľka) poskytuje spolu s technicko-obchodnou špecifikáciou (TOS) podklad pre plánovanie dodávok materiálu. Plán vedúci ÚVaM priebežne aktualizuje.

Vedúci ÚVaM v denných pokynoch v spolupráci s povereným technickým pracovníkom OVR, vzhľadom na zmeny požiadaviek zákazníkov i zmeny v dodávkach materiálov, robí aktualizáciu úloh na daný deň, upresňuje rozsah prác, použiteľného materiálu a nasadenia pracovníkov pre výrobu rozvádzačov. Pokyny zaznamenáva na plánovaciu tabuľu, respektíve ich podáva ústnou formou danému technickému pracovníkovi.

6 ZABEZPEČENIE VÝROBY A MONTÁŽE

6.1 TECHNICKÁ PRÍPRAVA VÝROBY A MONTÁŽE [3], [4]

Technickú prípravu zabezpečujú pracovníci oddelenia výroby rozvádzačov. Úlohou technickej prípravy je:

1. Preskúmať spracovanú alebo dodanú projektovú alebo nadväznú technickú dokumentáciu z hľadiska :
 - jej úplnosti a vecnej správnosti vo väzbe na nadobudnuté skúsenosti a poznatky o podmienkach montáže, ktorá sa má realizovať,

- nárokov na spracovanie výrobnno-výkresovej dokumentácie pre výrobu konštrukčných prvkov,
 - nárokov na materiálové zabezpečenie výroby a montáže,
 - nárokov na zabezpečenie technických prostriedkov a zariadení pre výrobu a montáž,
 - dodržania požiadaviek technických noriem , výrobných a technologických postupov.
2. Pripraviť vlastnú výrobu a montáž z hľadiska nárokov zistených pri preskúmaní projektovej a nadväznej technickej dokumentácie.
 3. Spolupracovať s vedúcim ÚVaM a povereným technickým pracovníkom z OVR pri materiálno-technickom zabezpečení výrobných a montážnych prác.
 4. Spolupracovať s vedúcim ÚVaM a povereným technickým pracovníkom z OVR pri vykonávaní medzioperačnej a výstupnej kontrole a skúšaní výrobných a montážnych prác.

6.2 MATERIÁLNE ZABEZPEČENIE VÝROBY A MONTÁŽE DODÁVKAMI VÝROBKOV [3], [4]

Dodávku výrobkov pre výrobu a montáž zabezpečujú pracovníci oddelenia nákupu na základe pokynov (termíny, obchodné a dodacie podmienky) uvedených v zápise z úvodného stretnutia a v žiadankách na nákup spracovaných technickou prípravou OVR alebo vedúcim zákazky.

Dodávka výrobkov prebieha vo väčšej miere od dodávateľov, menej priamo od výrobcov. Vlastnému plánovaniu výroby a montáže predchádza úvodné stretnutie k zákazke, ktoré organizuje vedúci zákazky a účastnia sa ho vedúci ÚVaM a pracovníci realizačného tímu z OVR a z útvaru projekcie.

Poverený pracovník technickej prípravy výroby a montáže zostaví z projektovej dokumentácie kusovník a informuje vedúceho zákazky. Vedúci zákazky zabezpečí výberové konanie u dodávateľova následne spracuje žiadanky na nákup výrobkov a služieb osobne alebo jej spracovaním poverí pracovníka TP OVR. Žiadanky sú následne postúpené na oddelenie nákupu spolu s požadovanými dodacími termínmi jednotlivých komponentov.

Dodacie termíny vyplývajú z časového plánu výroby rozvádzačov a kľúčových zmluvných termínov ako sú výroba prototypu, FAT test, konečné odoslanie.

V objednávke je z hľadiska logistiky a riadenia výroby definované množstvo, typ a dodacia lehota. Splnenie požadovaných dodacích termínov a prípadné reklamácie sleduje a vybavuje oddelenie nákupu.

Kľúčovým faktorom úspešného priebehu zákazky je stanovenie termínov na dodávky materiálov, zabezpečenie montážnych kapacít pre plynulú montáž a dodržanie montážnych termínov v spolupráci vedúceho zákazky a realizačného tímu z OVR.

6.3 VÝBER PERSONÁLU NA VÝROBU A MONTÁŽ [3], [4]

Montáž je zabezpečená kombináciou interných a externých kapacít. Internisti pozostávajú z pracovníkov technickej prípravy OVR, vedúcich pracovníkov a obslužného personálu. Pracovníkov, ktorí sa zúčastnia na výrobe a montáži vyberá vedúci ÚVaM, pričom dbá na to, aby boli spôsobilí pre práce, ktoré budú v rámci výroby a montáže vykonávať. V prípade potreby vedúci ÚVaM zabezpečí výber externých pracovníkov. Okrem všeobecnej spôsobilosti pracovníkov pre vykonávanie výrobných a montážnych prác je súčasťou prípravy pracovníkov aj príprava na realizáciu konkrétnej zákazky formou vstupných školení.

6.4 PRÍPRAVA NÁSTROJOV NA VÝROBU A MONTÁŽ [3], [4]

Súčasťou prípravy na výrobu a montáž je aj zabezpečenie dostupnosti a spôsobilosti technických prostriedkov a zariadení, prostredníctvom ktorých sa výroba a montáž bude realizovať.

6.5 VSTUPNÁ KONTROLA DODANÝCH VÝROBKOV A SLUŽIEB [3], [4]

Pred začatím výroby a montáže musia byť všetky dodané výrobky podrobené vstupnej kontrole na mieste vyhradenom pre zákazku. Vstupnú kontrolu dodaných výrobkov zabezpečuje (neznamená, že ju aj fyzicky vykonáva, kontrolu fyzicky vždy vykonáva poverený pracovník):

- oddelenie nákupu pre výrobky dodané od dodávateľa do centrálneho skladu,
- vedúci ÚVaM pre výrobky dodané od zákazníka do skladu rozpracovanosti.

7 REALIZÁCIA VÝROBY A MONTÁŽE [19], [20]

Poverený pracovník OVR skontroluje úplnosť doloženej technickej dokumentácie a oboznámi sa s pracovnými postupmi k výrobe rozvádzača. Po preštudovaní projektovej dokumentácie vykoná úvodné vstupné školenie pre pracovníkov poverených výrobou resp. montážou. Pracovníci sa pri výrobe a montáži riadia technickou dokumentáciou, prípadné nejasnosti konzultujú s povereným pracovníkom OVR.

Montáž rozvádzačov začne pri zabezpečení dostatočného množstva a sortimentu materiálov dávajúceho predpoklady pre plynulú výrobu rozvádzačov bez prestojov. Pokyn na zahájenie výroby rozvádzača vydáva poverený pracovník OVR.

Poverený pracovník technickej prípravy odoberie materiál z centrálneho skladu oddelenia logistiky do skladu rozpracovanosti. Materiál zo skladu rozpracovanosti odoberá poverený pracovník OVR a kontroluje úplnosť a vhodnosť prvkov pre zahájenie výroby podľa požiadaviek projektovej dokumentácie. Poverený pracovník OVR prostredníctvom žiadanky smerovanej na sklad centrálny resp. rozpracovanosti teda zabezpečí presun materiálu skladníkom zo skladu na vyhradené miesto montáže v dielni vyčlenenej pre danú zákazku. Obvykle je pre jednu zákazku vyčlenená jedna celá dielňa.

Pri vykonávaní výrobných a montážnych prác pracovníci vychádzajú :

- z pokynov pre výrobu a montáže,
- týždenných plánov a denných pokynov pri výrobe rozvádzačov
- projektovej a nadväznej výrobné-výkresovej a technickej dokumentácie,
- z príslušných výrobných a montážnych postupov spracovaných pre zabezpečenie kvality výroby a montáže.

Pred začatím vlastného ukotvenia prvkov do rozvádzača sa jednotlivé prvky najskôr pokusne rozmiestnia v rozvádzači podľa dispozičného rozmiestnenia prvkov v projektovej dokumentácii. Pri výrobe rozvádzača je vhodné zmontovať prototypový rozvádzač, ktorý bude odsúhlasený zákazníkom.

Ukotvenie prvkov rozvádzača musí byť v súlade s pokynmi technickej dokumentácie a odporúčaniami výrobcu (poloha montáže, prístupnosť, vzájomné ovplyvňovanie, chladenie, vzdušné vzdialenosti, umiestnenie žľabov). Každý rozvádzač resp. výrobok musí byť označený technologickým označením. Rozvádzač, ktorý sa vyrába pre externého zákazníka je označený typovým štítkom na základe požiadavky zákazníka.

7.1 VÝROBA PROTOTYPU [3]

Na výrobe prototypu sa nepodieľajú externí pracovníci, prototyp je zmontovaný s využitím vlastných kapacít. Na montáži sa podieľajú poverení pracovníci OVR. Všeobecne, na výrobe rozvádzačov pracuje optimalizovaný počet pracovníkov, zložený najmä z externistov, ako bude uvedené ďalej, toto pravidlo však pri montáži prototypového rozvádzača neplatí. Cieľom je, aby daný prototyp bol zmontovaný v čo najkratšom čase a teda sa na jeho výrobe podieľa väčší počet skúsených a zaškolených pracovníkov ako pri nasledovnej sériovej montáži. Po skonštruovaní prototypu sa pokračuje jeho nasnímaním

video kamerou a prezentovaním zákazníkovi, ktorý má možnosť vyjadriť svoje pripomienky a po uskutočnení úprav, ak sú vyhovujúce, ho následne odsúhlasí.

7.2 PRACOVNÝ POSTUP PRI VÝROBE, MONTÁŽI ROZVÁDZAČOV [19]

Pred zahájením samotnej montáže, je dôležité oboznámiť sa s projektovou dokumentáciou. Na základe zoznamu materiálu v projektovej dokumentácii a pokynov zodpovedného pracovníka výroby, je potrebné odobrať materiál z centrálného skladu a umiestniť ho do skladu rozpracovanosti, prípadne v priestoroch výroby. V prípade akýchkoľvek nejasností je potrebné bezodkladne tieto konzultovať so zodpovedným pracovníkom výroby.

7.2.1 Prípravná etapa

Montáži predchádza prípravná etapa, ktorá zahŕňa:

1. Odbalenie skrine rozvádzača - skriňu rozvádzača treba preniesť na miesto mechanickej montáže, zložiť kartónový obal a následne igelitovú fóliu. Oba obaly je potrebné odložiť pre balenie pri expedícii. Po odbalení rozvádzača treba vizuálne skontrolovať, či nie je poškodený lak.

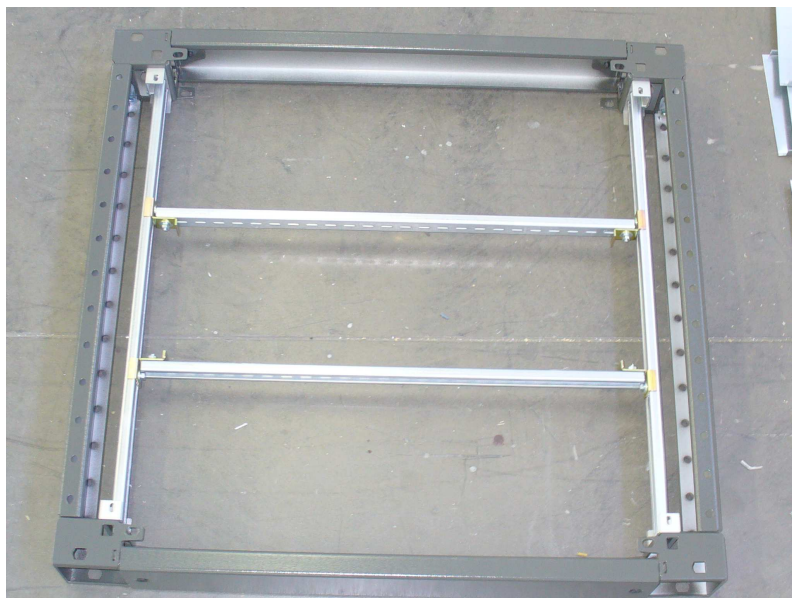


Obr. 10 Skriňa rozvádzača a kostra rozvádzača s montážnou doskou

2. Demontáž dverí - dvere po demontáži zabezpečiť proti poškodeniu. Pomocný a spojovací materiál uložiť spolu s dverami.
3. Demontáž prenosných líšť - v prípade, že rozvádzače majú rôzne pomocné konštrukcie slúžiace na spevnenie počas prepravy, je potrebné ich demontovať, aby montáž rozvádzača nič neobmedzovalo.
4. Demontáž strechy – ak sa vyžaduje vyrezanie otvorov pre inštaláciu ventilátorov

Ďalšou etapou je montáž sokla zahŕňajúca:

1. Poskladanie sokla - po vybalení jednotlivých dielov sokla je potrebné ich skontrolovať, či nemajú žiadne poškodenia a následne zmontovať podľa návodu výrobcu.



Obr. 11 Zmontovaný sokel

2. Osadenie káblových líšť - na základe projektovej dokumentácie osadiť káblové lišty do sokla rozvádzača, následne ich je potrebné uzemniť.
3. Upevnenie sokla na paletu - sokel je nutné upevniť pevne o paletu skrutkami do dreva, aby nedošlo k prevrhnutiu rozvádzača počas montáže a prepravy.
4. Montáž rozvádzača na sokel - rozvádzač sa položí na sokel umiestnený na palete a následne sa na sokel upevní rozvádzač maticovými skrutkami.

7.2.2 Prvá fáza mechanickej montáže

Po spojení sokla s rozvádzačom je možné prejsť k prvej fáze mechanickej montáže:

1. Montáž 19" rámu alebo montážnej dosky u systémových rozvádzačov
2. Montáž bočných líšt - pre montáž zariadení na bokoch rozvádzača prípadne pre spevnenie 19" rámu je potrebné upevniť na bokoch rozvádzača pomocné nosné lišty. Ich počet a umiestnenie je nutné prispôbiť následnému rozmiestneniu komponentov (zariadenia, žľaby, svorkovnice a pod.) tak, aby ich bolo možné spoľahlivo upevniť a neprichádzalo k žiadnym deformáciám ani vibráciám.
3. Montáž na montážnu dosku u marshallingových rozvádzačov
 - Nastrihanie, dierovanie, striekanie a montáž DIN-lišt na montážnu dosku - na základe uvedených rozmerov je možné nastrihať potrebné DIN-lišty. Následne je potrebné vyrezať potrebné otvory v montážnej doske. Je nutné rezané konce a otvory ošetriť lakom proti korózii a DIN-lišty upevniť na montážnu dosku.
 - Narezanie a osadenie plastových žľabov na montážnu dosku - v ďalšom kroku je možné nastrihať potrebné dĺžky žľabov a osadiť ich na montážnu dosku. Pri strihaní je nutné dávať pozor na rozmer a farbu žľabov. Po osadení všetkých žľabov je potrebné ešte vytvoriť prechody medzi jednotlivými žľabmi rovnakej sústavy a to buď len odstránením zubov, alebo vyrezaním celej bočnej časti žľabu v potrebnom rozsahu.



Obr. 12 Plastové žľaby namontované v rozvádzači a na montážnej doske

- Montáž komponentov - po osadení DIN-líšt a žľabov je možné osadiť zariadenia priamo na montážnu dosku, alebo na montážny rám. U ťažkých zariadení je možné len pripraviť uchytenie a montáž vykonať až po osadení montážnej dosky do rozvádzača.
 - Osadenie MD do rozvádzača - následne je možné dosku vložiť do rozvádzača a upevniť ju.
4. Skrátenie, obrúsenie, nastriekanie a montáž ocelového roštu - rošt alebo dierovaný plech sa používa na vedenie káblov (napr. multikáblov z poľa) v rozvádzačoch. Rošt je potrebné vymerať, skrátiť, ošetriť proti korózii, zbaviť mastnoty a upevniť do rozvádzača.
 5. Nastrihanie, dierovanie, striekanie a montáž bočných DIN-líšt do rozvádzača – postup je obdobný ako u montáže na montážnu dosku, s tým rozdielom, že DIN-lišty sú upevnené na montážnu dosku alebo kostru rozvádzača.



Obr. 13 Príklad 19“ rámu a osadenia DIN líšt

6. Narezanie a osadenie plastových žľabov do rozvádzača – postup je obdobný ako u montáže na montážnu dosku, s tým rozdielom, že žľaby sú upevnené do rozvádzača.
7. Montáž svetla a dverového spínača - následne je možné osadiť do rozvádzača svietidlo, dverový spínač a kábel ku svietidlu.
8. Osadenie svorkovnic na DIN-lišty a klemovanie - v ďalšom kroku je možné osadiť svorkovnice na DIN-lišty. Treba dbať na dostatočné množstvo označení, krytiel svoriek,

zarážok proti pohybu a pod. V prípade použitia niektorých typov svoriek je potrebné ich klemovať ešte pre osadením. Pri klemovaní svorkovníc vychádzame z požiadaviek projektovej dokumentácie a dbáme na správnu farbu (zväčša podľa potenciálu), typ, oddelenie klieb z dôvodu možného skratu a berieme ohľad na ostatné pripojovacie body svoriek.

9. Osadenie ostatných zariadení - následne osadíme všetky ostatné zariadenia do rozvádzača podľa projektovej dokumentácie. Tu osádzame napríklad systémové komponenty, zariadenia do 19" rámu, výkonové prvky a pod.

7.2.3 Elektromontážne práce

Po ukončení prvej fázy mechanickej montáže je zahájené zapájanie:

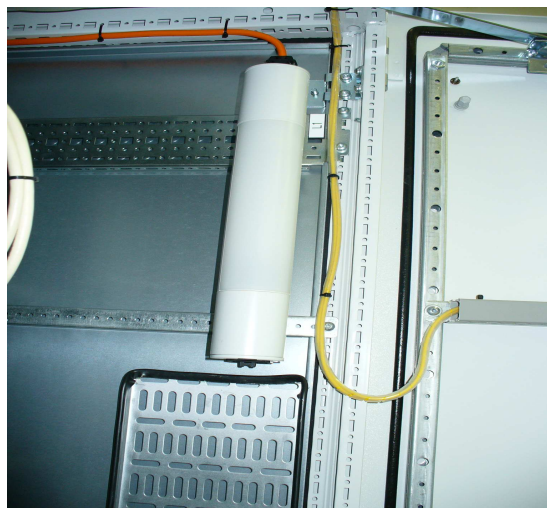
1. Zapojenie hlavného prívodu
2. Zapojenie základného rozvodu 230V AC- obsahuje kompletne zapojenie distribúcie napájacieho napätia. Patria sem ističe, distribučné bloky, napájacie svorkovnice a pod.
3. Zapojenie základného rozvodu 24V DC - zapojenie napájacieho napätia pre všetky zariadenia
4. Obsahuje zapojenie napájania pre všetky komponenty všetkých napäťových sústav (ventilátory, svetlá, zásuvky, prevodníky a pod.).
5. Zapojenie napájania pre karty systému - obsahuje zapojenie napájania pre jednotlivé komponenty riadiaceho systému ako I/O karty a pod.
6. Zadrôtovanie a označenie signálnych vodičov - zapojenie všetkých signálov na základe obvodových listov, zapojovacích tabuliek prípadne iných podkladov.



Obr. 14 Zapojenie signálnych vodičov do MTA kariet

7.2.4 Mechanika – dokončenie

1. Rezanie otvorov do dverí, stropu a ošetrovanie všetkých otvorov - Po zhotovení otvorov je nutné odstrániť všetky ostré hrany, zväčšiť prípadne diery pre skrutky, narezať závit a ošetriť holé povrchy proti korózii.
2. Osadenie ventilátorov, filtrov a iných zariadení do otvorov - Následne je potrebné do všetkých otvorov osadiť príslušné zariadenia a spoľahlivo ich upevniť.



Obr. 15 Osadenie a zapojenie ventilátorov a svetla

3. Osadenie dverí a strechy na rozvádzač - Pri osádzaní dávame pozor, aby nedošlo k poškodeniu už namontovaných zariadení, prípadne samotného rozvádzača.
4. Osadenie obmedzovača pohybu dverí
5. Osadenie bočníc - Osadenie bočníc je poslednou mechanickou operáciou na rozvádzači a vykonáva, keď už nie je predpoklad žiadnych zmien ani potreby kontroly menej prístupnej časti rozvádzača.



Obr. 16 Finálna podoba rozvádzačov po dokončení montážnych prác

7.3 PRIEBEH MONTÁŽE, ČASOVÉ NORMY

Jednotlivé typy rozvádzačov majú odlišné montážne časy plynúce z rozdielnych nárokov na montáž. U marshallingových rozvádzačov z analyzovanej zákazky je montážna doba jedného rozvádzača priemerne 49 hodín a 12 minút z dôvodu náročnosti konštrukcie a množstva prvkov, ktoré je nutné osadiť a zapojiť. Montážny čas systémového rozvádzača je priemerne 27 hodín a 39 minút. Tieto časy sú vyjadrené v normohodinách, predstavujú tak dĺžku montáže príslušného rozvádzača, ak by montáž vykonával iba jeden pracovník. Prehľad jednotlivých montážnych časov a jednotlivých činností nutných vykonať pri montáži daných typov nízkonapäťových rozvádzačov uvádzajú nasledujúce tabuľky. Pri spracovaní údajov som vychádzal z technologického postupu montáže marshallingových a systémových rozvádzačov.

| Popis práce | čas [min] | System | | Marshalling | |
|---|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | | počet činností | celkový čas [min] | počet činností | celkový čas [min] |
| Rozbalenie | 40 | 1 | 40 | 1 | 40 |
| Demontáž dverí | 9 | 1 | 9 | 1 | 9 |
| Demontáž prenosných líšt | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 |
| Demontáž strechy | 15 | 1 | 15 | | |
| Poskladanie sokla | 32 | 1 | 32 | 1 | 32 |
| Montáž káblových prídržných líšt | 23 | 1 | 23 | 1 | 23 |
| Montáž sokla na rozvádzač | 17 | 1 | 17 | 1 | 17 |
| Upevnenie rozvádzača na paletu | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 |
| Montáž 19" rámu | 23 | 1 | 23 | | |
| Montáž 19" modulracku + označenie a skompletovanie | 31 | 4 | 124 | | |
| Montáž bočných lišty | 5 | 8 | 40 | 8 | 40 |
| Montáž montážnej dosky | 18 | | | 1 | 18 |
| Skrátenie, obrúsenie, nastriekanie a montáž ocelového žlabu | 20 | 2 | 40 | 2 | 40 |
| Nastrihanie, dierovanie, striekanie a montáž DIN líšt | 9 | 6 | 54 | 14 | 126 |
| Narezanie a osadenie plastového žlabu | 8 | 5 | 40 | 12 | 96 |
| Prechod - cez dno žľabu, prechodka v plechu | 5 | 3 | 15 | 4 | 20 |
| Osadenie termostatu a zapojenie | 12 | 1 | 12 | | |
| Osadenie svetla + zapojenie | 27 | 1 | 27 | 1 | 27 |
| Osadenie svorky, označenie | 0,5 | 28 | 14 | 300 | 150 |
| Osadenie, označenie poistkových svoriek + klemovanie | 1 | | | 37 | 37 |
| Narezanie, montáž a označenie zemniacej, tieniacej lišty | 23 | 2 | 46 | 6 | 138 |
| Pospojovanie (bočnice, strechy, dverí, 19"rámov, atď....) | 7 | 10 | 70 | 10 | 70 |
| Osadenie komponentov | 105 | 1 | 105 | 2 | 210 |
| Osadenie, označenie a zapojenie zdroja | 27 | | | 4 | 108 |
| Osadenie, označenie, zapojenie nap.boardu | 18 | | | 8 | 144 |
| Osadenie, označenie a zapojenie diódy | 13 | | | 2 | 26 |
| Osadenie, označenie prepäťovej ochrany | 5 | | | 35 | 175 |
| Osadenie ukončenia napájacích vodičov | 0,5 | 14 | 7 | 40 | 20 |
| Osadenie, označenie, zadrôtovanie relátka | 15 | 2 | 30 | 1 | 15 |
| Osadenie, zadrôtovanie a označenie 2 pól. ističa | 5 | 14 | 70 | | |
| Osadenie, zadrôtovanie prúd. chrániča | 15 | | 0 | 1 | 15 |
| Osadenie, zadrôtovanie a označenie zásuvky | 15 | 1 | 15 | 1 | 15 |
| Príprava vodičov | 1,5 | 146 | 219 | 300 | 450 |
| Zadrôtovanie, označenie vodičov | 2,5 | 146 | 365 | 300 | 750 |
| Montáž ventilátora, označenie a zapojenie | 34 | 1 | 34 | | |
| Montáž prietokomeru vzduchu + označenie a zapojenie | 15 | 1 | 15 | | |
| Montáž filtra | 9 | 1 | 9 | | |
| Namontovanie dverí | 8 | 1 | 8 | 1 | 8 |
| Namontovanie obmedzovača pohybu dverí | 9 | 1 | 9 | 1 | 9 |
| Montáž strechy | 8 | 1 | 8 | | |
| Pospojovanie skríň spojovacou sadou | 28 | 1 | 28 | 1 | 28 |
| Montáž bočnice | 15 | 2 | 30 | 2 | 30 |
| Balenie | 50 | 1 | 50 | 1 | 50 |
| Celkový montážny čas rozvádzača [hh:mm:ss] | | 27:39:00 | | 49:12:00 | |

Tab. 1 Celkové montážne časy v normohodinách

Prvý stĺpec tabuľky 1 zobrazuje konkrétne úkony potrebné pre montáž nízkonapäťových rozvádzačov, jednotkové montážne časy jednotlivých úkonov sú uvedené v druhom stĺpci tabuľky. V záhlaví tabuľky je uvedený typ rozvádzača a jeho celkový montážny čas vyjadrený v normohodinách je umiestnený na spodku tabuľky 1. V tabuľke sú uvedené priemerné hodnoty montážnych časov, ktoré boli získané prostredníctvom opakovaných meraní časov pre jednotlivé pracovné úkony. Pracovné úkony uvedené v tabuľke som sa snažil zoradiť v logickom slede, v akom sa vykonávajú pri montáži uvedených rozvádzačov v súlade s technologickým postupom.

V jednom okamihu na rozvádzači môže pracovať viacero pracovníkov, časy rozpracovanosti rozvádzačov sa tak s rastúcim množstvom pracovníkov, podieľajúcich sa na výrobe rozvádzača, skracujú. Limitujúcim faktorom pri stanovení ideálneho počtu pracovníkov je nutnosť oboznámiť sa s projektovou dokumentáciou a optimálne využitie nadobudnutých zručností z opakovania činností.

Samotná montáž rozvádzača pozostáva z mechanickej časti, teda zo zhotovenia kostry rozvádzača a osadenia nosných prvkov a komponentov do skrine rozvádzača, ktorá je dodávaná ako celok v rôznych vyhotoveniach v závislosti od zákazky. Uvedenú činnosť vykonávajú montéri. V ideálnom prípade pracujú v etape mechanickej montáže na jednom rozvádzači dvaja montéri, v jednom okamihu bývajú mechanicky rozpracované tri rozvádzače v rámci jednej zákazky. Celkový počet montérov pracujúcich na mechanike na jednej zákazke je teda v ideálnom prípade šesť.

Ďalším krokom je zapojenie komponentov ako sú snímače meraných veličín, regulátory, riadiace a komunikačné prvky a samotná kabeláž. Zapojenie komponentov a kabeláž vykonávajú elektrikári. V prípade jednostranného rozvádzača sa na jeho výrobe účastní jeden elektrikár, v prípade rozvádzača dvojstranného sú elektrikári dvaja. V ďalšom texte budem uvažovať jednostranný rozvádzač, ktorého montáž bude v ideálnom prípade zabezpečená dvoma montérmi a jedným elektrikárom. Elektrikári začnú vykonávať uvedenú činnosť hneď ako je dokončená kostra rozvádzača a sú osadené nosné prvky a potrebné komponenty. V optimálnom prípade pracujú na rozvádzačoch v rámci jednej zákazky traja elektrikári (uvažujem jednostranné rozvádzače).

Upravením predchádzajúcej tabuľky 1 pre uvažovanú modelovú zákazku, pozostávajúcu z 12 systémových a z 30 marshallingových rozvádzačov, dostaneme celkové montážne časy rozvádzačov pri optimálnom počte pracovníkov tak, ako uvádza nasledujúca tabuľka 2.

| | jeden rozvádzač | | modelová zákazka | |
|---|-----------------|--------------|-------------------|-------------------|
| | System | Marshalling | System | Marshalling |
| Popis práce | čas [min] | čas [min] | čas [hh:mm:ss] | čas [hh:mm:ss] |
| Rozbalenie | 20 | 20 | 4:00:00 | 10:00:00 |
| Demontáž dverí | 4,5 | 4,5 | 0:54:00 | 2:15:00 |
| Demontáž prenosných líšt | 4 | 4 | 0:48:00 | 2:00:00 |
| Demontáž strechy | 7,5 | | 1:30:00 | |
| Poskladanie sokla | 16 | 16 | 3:12:00 | 8:00:00 |
| Montáž káblových prídržných líšt | 11,5 | 11,5 | 2:18:00 | 5:45:00 |
| Montáž sokla na rozvádzač | 8,5 | 8,5 | 1:42:00 | 4:15:00 |
| Upevnenie rozvádzača na paletu | 4 | 4 | 0:48:00 | 2:00:00 |
| Montáž 19" rámu | 11,5 | | 2:18:00 | |
| Montáž 19" modulracku + označenie a skompletovanie | 62 | | 12:24:00 | |
| Montáž bočných lišty | 20 | 20 | 4:00:00 | 10:00:00 |
| Montáž montážnej dosky | | 9 | | 4:30:00 |
| Skrátenie, obrúsenie, nastriekanie a montáž ocelového | 20 | 20 | 4:00:00 | 10:00:00 |
| Nastrihanie, dierovanie, striekanie a montáž DIN líšt | 27 | 63 | 5:24:00 | 31:30:00 |
| Narezanie a osadenie plastového žľabu | 20 | 48 | 4:00:00 | 24:00:00 |
| Prechod - cez dno žľabu, prechodka v plechu | 7,5 | 10 | 1:30:00 | 5:00:00 |
| Osadenie termostatu a zapojenie | 6 | | 1:12:00 | |
| Osadenie svetla + zapojenie | 13,5 | 13,5 | 2:42:00 | 6:45:00 |
| Osadenie svorky, označenie | 7 | 75 | 1:24:00 | 37:30:00 |
| Osadenie, označenie poistkových svoriek + klemovanie | | 18,5 | | 9:15:00 |
| Narezanie, montáž a označenie zemniacej, tieniacej lišty | 23 | 69 | 4:36:00 | 34:30:00 |
| Pospojovanie (bočnice, strechy, dverí, 19"rámov, atď....) | 35 | 35 | 7:00:00 | 17:30:00 |
| Osadenie komponentov | 52,5 | 105 | 10:30:00 | 52:30:00 |
| Osadenie, označenie a zapojenie zdroja | | 108 | | 54:00:00 |
| Osadenie, označenie, zapojenie nap.boardu | | 144 | | 72:00:00 |
| Osadenie, označenie a zapojenie diódy | | 26 | | 13:00:00 |
| Osadenie, označenie prepäťovej ochrany | | 175 | | 87:30:00 |
| Osadenie ukončenia napájacích vodičov | 7 | 20 | 1:24:00 | 10:00:00 |
| Osadenie, označenie, zadrôtovanie relátka | 30 | 15 | 6:00:00 | 7:30:00 |
| Osadenie, zadrôtovanie a označenie 2 pól. ističa | 70 | | 14:00:00 | |
| Osadenie, zadrôtovanie prúd. chrániča | | 15 | | 7:30:00 |
| Osadenie, zadrôtovanie a označenie zásuvky | 15 | 15 | 3:00:00 | 7:30:00 |
| Príprava vodičov | 219 | 450 | 43:48:00 | 225:00:00 |
| Zadrôtovanie, označenie vodičov | 365 | 750 | 73:00:00 | 375:00:00 |
| Montáž ventilátora, označenie a zapojenie | 17 | | 3:24:00 | |
| Montáž prietokomeru vzduchu + označenie a zapojenie | 7,5 | | 1:30:00 | |
| Montáž filtra | 4,5 | | 0:54:00 | |
| Namontovanie dverí | 4 | 4 | 0:48:00 | 2:00:00 |
| Namontovanie obmedzovača pohybu dverí | 4,5 | 4,5 | 0:54:00 | 2:15:00 |
| Montáž strechy | 4 | | 0:48:00 | |
| Pospojovanie skríň spojovacou sadou | 14 | 14 | 2:48:00 | 7:00:00 |
| Montáž bočnice | 15 | 15 | 3:00:00 | 7:30:00 |
| Balenie | 25 | 25 | 5:00:00 | 12:30:00 |
| Doba montáže [hh:mm:ss] | 19:42:30 | 38:55:00 | 236:30:00 | 1167:30:00 |

Tab. 2 Doba montáže rozvádzačov pri optimálnom počte pracovníkov

Prehľadné zobrazenie celkových montážnych časov pri optimálnom využití pracovnej sily je možné pomocou Ganttovho diagramu. Príloha A obsahuje Ganttové diagramy pre oba typy rozvádzačov, ktoré sú uvedené v tabuľke 2. Ganttové pásy sú tvorené jednotlivými činnosťami a sú doplnené názvom činnosti a príslušnou pracovnou dobou vychádzajúc z údajov v tabuľke 2.

8 KONTROLA VÝROBY A MONTÁŽE [4]

Posledným krokom je pomontážna kontrola a testy zhotoveného rozvádzača. Pomontážnu kontrolu vykonáva poverený technický pracovník OVR po dokončení rozvádzača, ide však iba o kontrolu vizuálnu. Skúšobný inžinier vykoná pomontážnu kontrolu a testy až keď je vyhotovené určité množstvo rozvádzačov, tak aby nevznikli zbytočné prestoje v jeho činnosti.

V záujme zabezpečenia kvality výrobných a montážnych činností vedúci zákazky a vedúci ÚVaM zabezpečujú alebo vykonávajú medzioperačnú kontrolu priebehu výroby a montáže.

Kontrolou a skúškami počas montáže sa verifikuje:

- či práce na výrobku postupujú v súlade s požiadavkami zákazníka, výrobnou dokumentáciou, harmonogramom zákazky a pokynmi pre výrobu a montáž,
- kontrolu vykonávajú poverení pracovníci montážnej organizácie, alebo pracovníci výroby formou samokontroly,
- kontrolu vykonáva aj vedúci pracovník výroby, podľa potreby vedúci ÚVaM vždy po ukončení prác za príslušnú časovú jednotku,
- prípadné požiadavky na odstránenie nedorobkov alebo zistených chýb dokumentujú v montážnom denníku.

Pred odovzdaním hotového výrobku zákazníkovi sa vykoná výstupná kontrola a skúšky. Realizáciu a rozsah výstupnej kontroly a skúšok plánuje v Pokynoch pre výrobu a montáž vedúci ÚVaM, za samotné zrealizovanie a zdokumentovanie výsledkov výstupnej kontroly zodpovedá technický pracovník OVR. Po ukončení montáže rozvádzača poverený pracovník OVR v spolupráci s povereným pracovníkom montážnej organizácie vykonajú pomontážnu kontrolu rozvádzača a vypracujú Záznam o pomontážnej kontrole rozvádzača.

Ďalšiu etapu kontroly predstavuje preskúmanie a verifikácia rozvádzača zodpovedným testerom. Výsledok preskúmania a verifikácie návrhu zdokumentuje vo forme zistených chýb a návrhov na nápravnú činnosť v Punch liste.

V prípade, že je súčasťou rozvádzača aj riadiaci systém vykonáva sa aj integračný test, resp. FAT test – integračný test za účasti zákazníka.

9 RACIONALIZÁCIA VÝROBNÉHO A MONTÁŽNEHO PROCESU

Analýzou jednotlivých pracovných úkonov zobrazených v Ganttovom diagrame v prílohe A na obrázku 26 a na obrázku 27 vidieť, že jedným z časovo najnáročnejších úkonov je príprava signálnych vodičov.

Príprava vodičov predstavuje u montáže marshallingových rozvádzačov až 450 minút, čo je približne 19 % z celkového montážneho času, u systémových rozvádzačov to je 219 minút, čo predstavuje 18 % montážneho času.

Práve tento pracovný úkon preto poskytuje dostatočný priestor pre optimalizáciu a zefektívnenie výroby prostredníctvom zníženia pracnosti a časovej náročnosti. Proces prípravy signálnych vodičov zahŕňa nastrihanie vodičov na potrebnú dĺžku (cutting) strihacími kliešťami, odizolovanie oboch koncov vodiča v potrebnej miere (stripping) strippovacími kliešťami a osadenie požadovaných kontaktov spolu s ich zalisovaním (crimping) pomocou krimpovacích kliešťov. Celý pracovný úkon teda prebieha s využitím ručných pracovných nástrojov.

Ručné krimpovacie nástroje [16]

Ručné nástroje je možné zaobstaráť takmer pre každý druh krimpovaného kontaktu. Často sú navrhnuté ako nástroje s možnosťou výmeny zamačkávacích čelústí s jednou alebo viacerými krimpovacími dutinkami. Pri svedomitej práci je možné dosiahnuť pri krimpovaní kvalitu blížiacu sa strojovému spracovaniu.

Vďaka veľkému počtu výrobcov ručných krimpovacích nástrojov sa tu ponúka veľké množstvo zamačkávacích čelústí, ktoré sa líšia v kvalite, nástrojovej geometrii i v upínacích rozmeroch.



Obr. 17 Krimpovacie kliešte, strippovacie kliešte a strihacie kliešte

9.1 ZAUTOMATIZOVANIE PRACOVNÝCH ÚKONOV

Proces prípravy signálnych vodičov možno zefektívniť jeho zautomatizovaním, čím dosiahneme nielen výrazne skrátenie uvedeného pracovného úkonu, ale aj spresnenie a skvalitnenie vykonanej pracovnej činnosti. Zautomatizovanie daného úkonu by bolo možné v ideálnom prípade prostredníctvom viacúčelového zariadenia, ktoré by bolo schopné vykonávať činnosti cutting, stripping a crimping v jednom pracovnom cykle. Po analýze trhu a dostupných zariadení, však bolo zistené, že požadované zariadenie by nespĺňalo jednu zo základných požiadaviek spoločnosti na pracovný automat, a to požiadavku na mobilitu zariadenia, navyše cena takýchto viacúčelových zariadení sa k 20.2.2009 pohybovala okolo 50000 €, čo by bolo zase v rozpore so snahou o minimalizovanie finančných výdajov určených na zakúpenie pracovného automatu.

Z uvedených dôvodov sa v ďalšom texte nezameriam na automatizáciu celého procesu prípravy signálnych vodičov prostredníctvom jedného zariadenia, ale iba na zautomatizovanie určitých činností v rámci prípravy vodičov. Zautomatizovanie strihacieho, stripovacieho alebo krimpovacieho procesu je schopná vykonávať celá rada dostupných zariadení od viacerých výrobcov, v cenových reláciách pohybujúcich sa približne od 4000 € do 10000 € (cenový interval stanovený ku dňu 20.2.2009).

9.2 ZARIADENIA PRE STRIHANIE, ODIZOLOVANIE A KRIMPOVANIE [16]

V niektorých prípadoch ručné náradie už nestačí požadovanému objemu práce a je výhodnejšie využiť jedno- alebo viac- účelové automaty. Ďalej je uvedený popis najviac používaných automatov určených pre spracovanie malých a stredných sérií počtu vodičov. Ich

spoločným znakom je prenosné stolné prevedenie a plne elektrický pohon, tzn. bez nároku na prívod tlakového vzduchu. Tieto automaty sú teda mobilné a cenovo priaznivé.

9.2.1 Strihací automat - cutter

Mikroprocesorom riadený strihací automat je určený pre vodiče kruhových prierezov v rozsahu 0,08 až 10 mm². Pracuje s vysokou odmeriavanou schopnosťou vďaka precíznemu podávaciemu zariadeniu, poháňaného jednosmerným servopohonom s regulovateľnou prítláčnou silou a rýchlosťou posuvu kabeľu. Je možné nastrihať vodiče v ľubovoľných dĺžkach až do 1 km. Rýchlosť posuvu je nastaviteľná (môže byť až 1,5 m/s). Údaje je možné zadávať cez ovládací terminál s pamäťou, ktorá uchová viacero rôznych programov strihu. Strih vodičov zaisťujú nože tvaru V. Po nastrihaní zadaného počtu káblov určenej dĺžky alebo na konci káblu sa automat sám vypína.



Obr. 18 Strihací automat Weidmuller CutFix 8

9.2.2 Odizolovávací automat - stripper

Po nastrihaní vodičov obvykle nasleduje ich odizolovanie. Ovládanie stripovacieho automatu je jednoduché, vodič sa zasunie do odizolovacieho otvoru, tým sú aktivované nože a vodič je následne odizolovaný. Na panelu sa dopredu nastaví prierez vodiča a požadovaná dĺžka odizolovania. Tiež je možné nastaviť iba čiastočné odizolovanie a izoláciu ponechať na konci vodiča. Vstupný otvor býva obmedzený na určitý priemer vodiča (obvykle maximálne 5 mm). Celé zariadenie je v podstate bezúdržbové, priebežne sa menia iba odizolovávacie nože.



Obr. 19 Odizolovávaci automat Zoller+Frohlich AI 02

9.2.3 Viacúčelový krimpovací automat – stripper - crimper

Táto kombinácia zariadení spája v sebe odizolovaciú jednotku a krimpovací nástroj. V prípade, že odizolovanie nestačí, ale je potrebné na vodič i zalisovať dutinky, je možné využiť automat, ktorý zvláda obidve operácie v jednom pracovnom cykle. Prednosti tohto automatu sú vďaka dosiahnutej úspore jedného kompletného pracovného kroku natoľko vysoké, že by používanie automatu typu stripper - crimper malo byť čo najviac rozšírené. Pracovný takt býva do 2 sekúnd, za túto dobu je vodič odizolovaný a je zalisovaná dutinka. Automat sa používa pre vodiče kruhových prierezov v rozsahu 0,5 až 2,5 mm² a dutinky s límcem z PVC. Jeho ovládanie je jednoduché, po zasunutí vodiča do lisovacieho otvoru sa automaticky spustia obe operácie. Na začiatku je treba dopredu nastaviť prierez vodiča a vložiť správnu cievku s dutinkami. Podobne ako u odizolovávacieho automatu aj krimpovací automat je v podstate bezúdržbový, je nutné priebežne meniť odizolovávacie nože.

Existujú rôzne druhy energií, ktoré sa používajú pre pohon krimpovacích zariadení, najdôležitejšími druhmi pohonu sú ručný pohon, elektrický pohon, pneumatický pohon (pomocou vzduchu) a elektropneumatický pohon.

Je potrebné poznamenať, že v priebehu spracovávania prehľadu krimpovacích zariadení som nenašiel žiadne zariadenie, ktoré by bolo výhradne zamerané iba na samotný proces krimpovania, všetky zariadenia umožňovali aj odizolovanie vodičov v rámci jedného cyklu.



Obr. 20 Ukážka nalisovaných dutiniek krimpovacím automatom

Vzhľadom k tomu, že existujú viacúčelové krimpovacie automaty umožňujúce vykonávať stripovanie a krimpovanie v jednom pracovnom cykle a dosahujú tak úsporu jedného kompletného pracovného kroku, javia sa tieto automaty ako ideálne riešenie pre racionalizáciu výrobného a montážneho procesu s vynaložením primeraných nákladov.

Krimpovací automat by mal vykazovať nasledujúce vlastnosti:

- jednoduchá nastaviteľnosť na rôzne rozmery vodičov a kontaktov
- dobrý prístup pri zakladaní i vyberaní jednotlivých kontaktov, pásov s dutinkami
- stabilné udržanie nastavenej výšky krimpovania
- vysoká odolnosť proti opotrebovaniu, podľa možnosti s trvanlivým mazaním
- nízka hlučnosť
- spoľahlivá funkcia
- jednoduchá obsluha
- odpovedajúce ochranné zariadenie

9.3 VÝBEROVÉ KONANIE KRIMPOVACIEHO AUTOMATU

Pre potreby racionalizácie výroby prostredníctvom zautomatizovania odizolovania vodičov a nalisovania kontaktov boli stanovené nasledujúce požiadavky a kritériá na výber vhodného krimpovacieho automatu.

Základné požiadavky:

- mobilita zariadenia
- prierez vodiča 0,35 - 2,5 mm²
- možnosť použiť sypané dutinky.
- zaťažiteľnosť 2 až 10 hod/deň.

Kritériá výberu:

- cena krimpovacieho automatu
- cena spotrebného materiálu (dutinky a pod)
- možnosť použiť dutinky od rôznych výrobcov alebo iba od špecifického výrobcu
- technická podpora pri riešení problémov
- manuály a technická dokumentácia v slovenskom jazyku
- rýchlosť odizolovania a krimpovania
- čas potrebný na zmenu rozmeru dutiniek
- potreba prívodu vzduchu
- doba opravy pri poruche, servis
- záručná doba

Po preskúmaní trhu a ponuky od dodávateľov krimpovacích zariadení bola požiadavka na prierez vodiča upravená na 0,5 mm² až 2,5 mm² a požiadavka na možnosť použitia sypaných dutiniek bolo odstránená. Zariadenia so zásobníkom na sypané dutinky sú v porovnaní so zariadeniami pracujúcimi s napáskovanými dutinkami približne o 3500 € drahšie. Z uvedených kritérií výberu majú najväčšiu váhu cena zariadenia a možnosť použitia dutiniek od rôznych výrobcov.

| výrobca | Phoenix | Weidmuller | TYCO |
|--|---|---|--|
| typ zariadenia | CF 3000 | Crimpflix 2.5 | MC 25 |
| cena stroja v Euro | 5 097 | 5 493 | 5 778 |
| prierez vodiča 0,5 - 2,5 mm ² | áno | áno | áno |
| možnosť použiť sypané dutinky. | nie | nie | nie |
| zaťažiteľnosť 2-10 hod/deň. | áno | áno | áno |
| možnosť použiť dutinky od rôznych výrobcov | nedoporučuje sa | áno | iba od TYCO |
| technická podpora pri riešení problémov | áno | áno | áno |
| dokumentácia v slovenskom jazyku | dodatočne | áno | áno |
| rýchlosť blankovania a krimpovania | 1,5 sekundy | 1,5 sekundy | 1,5 sekundy |
| čas potrebný na zmenu rozmeru dutiniek | 10 sekundy | 10 sekundy | menej ako 10 sekúnd |
| potreba prívodu vzduchu | nie | nie | nie |
| doba opravy pri poruche, servis | oprava v Nemecku, pri oprave dlhšej ako 5 dní zabezpečí náhradné zariadenie | oprava v Nemecku, v prípade záručnej opravy zabezpečí náhradné zariadenie | do 24 hod, v prípade záručnej opravy zabezpečí náhradné zariadenie |
| záručná doba | 24 mesiacov | 12 mesiacov | 6 mesiacov |

Tab. 3 Porovnanie výberových kritérií krimpovacích zariadení vhodných pre potreby výroby a montáže

9.3.1 Phoenix Contact CF 3000 automatic stripping and crimping device [13]

Technické dáta:

rozmery 320 mm x 300 mm x 165 mm

hmotnosť 12 kg

napätie 230 V, 50 Hz

príkon 80 VA

prevádzková teplota 15 °C az 40 °C

hlučnosť 70 dB

použité dutinky podľa DIN 46228-4

doba pracovného cyklu 1,5 sekundy

prierez dutiniek 0,5 mm² – 2,5 mm²

minimálna dĺžka použitého vodiča 49 mm

krimpovacia dĺžka 8 mm



Obr. 21 Phoenix Contact CF 3000

9.3.2 Weidmuller CRIMPFIX 2.5 automatic stripper and crimper [11]

Technické dáta:

rozmery 292 mm x 310 mm x 260 mm

hmotnosť 15 kg

napätie 230 V, 50 Hz

príkon 100 VA

stupeň krytia IP20

prevádzková teplota 10 °C až 40 °C

hlučnosť 70 dB

použíte dutinky podľa DIN 46228-4

doba pracovného cyklu 1,5 sekundy

prierez dutiniek 0,5 mm² – 2,5 mm²

dĺžka dutiniek 12 mm / 14 mm

minimálna dĺžka použitého vodiča 49 mm

krimpovacia dĺžka 6 mm / 8 mm

CrimpFix 2.5 je prenosný odizolovávaci a krimpovací automat k osadzovaniu vodičov žilovými dutinkami s izolačným límcom dodávaných v pásoch. Odizolovanie vodiča, privedenie žilovej dutinky, oddelenie dutinky od pásu, nasunutie dutinky na odizolovaný vodič a jej zakrimpovanie sa deje v jednom pracovnom cykle. Pás dutiniek stočený do cievky sa nasadzuje na nosič umiestnený nad automatom, začiatok pásu sa ručne zavedie do automatu, ktorý je následne automatom odvíjaný. CrimpFix 2.5 je robustný stroj malých rozmerov. Pohon zaisťuje jednosmerný elektromotor 24 V. Zariadenie je napájané zo siete, čo umožňuje mobilitu a jednoduché použitie. Prevádzka je možná iba v suchom prostredí.



Obr. 22 Weidmuller CRIMPFIX 2.5

9.3.3 TYCO MC25 Stripper Crimper [12]

Technické dáta:

rozmery 320 mm x 270 mm x 165 mm

hmotnosť 12 kg

napätie 230 V, 50 Hz

príkon 30 VA

prevádzková teplota 15 °C az 40 °C

hlučnosť 70 dB

použité dutinky podľa DIN 46228-4

doba pracovného cyklu 1,5 sekundy

prierez dutiniek 0,5 mm² – 2,5 mm²

minimálna dĺžka použitého vodiča 49 mm

krimpovacia dĺžka 8 mm



Obr. 23 TYCO MC25

9.3.4 Vyhodnotenie výberového konania

Parametre uvedených krimpovacích zariadení sú zrovnateľné, no automat Weidmuller CrimpFix 2.5 umožňuje použitie dutiniek od rôznych výrobcov, pričom pre zariadenia spoločností Phoenix Contact a TYCO sa doporučuje iba použitie vlastných dutiniek. Tento fakt sa stal nakoniec rozhodujúcim kritériom pri výbere vhodného krimpovacieho zariadenia. Dutinky spoločností Phoenix Contact a TYCO sú v porovnaní s konkurenčnými výrobkami drahšie a nie sú teda pre spoločnosť ProCS s.r.o. z hľadiska odberateľa cenovo zaujímavé. Nakupovaním dutiniek značky Phoenix Contact alebo TYCO by sa tak celý proces výroby a montáže rozvádzačov predražil, čo je z ekonomického hľadiska nežiaduce.

Zavedením automatu Weidmuller CrimpFix 2.5 do procesu prípravy vodičov by došlo nielen k jeho skráteniu, ale aj k skráteniu celkovej montážnej doby systémových aj marshallingových rozvádzačov. Montážne časy po racionalizácii výrobe uvádza tabuľka 4.

| | | System | Marshalling |
|----------------------------------|------------|----------|-------------|
| Príprava vodiča | [min] | 0,5 | 0,5 |
| Počet vodičov | [kus] | 146 | 300 |
| Príprava uvedeného počtu vodičov | [min] | 73 | 150 |
| Celková montážna doba | [hh:mm:ss] | 25:13:00 | 44:12:00 |

Tab. 4 Stav výroby po zavedení krimpovacieho zariadenia do procesu prípravy vodičov

10 ANALÝZA BODU ZVRATU [5], [6], [7]

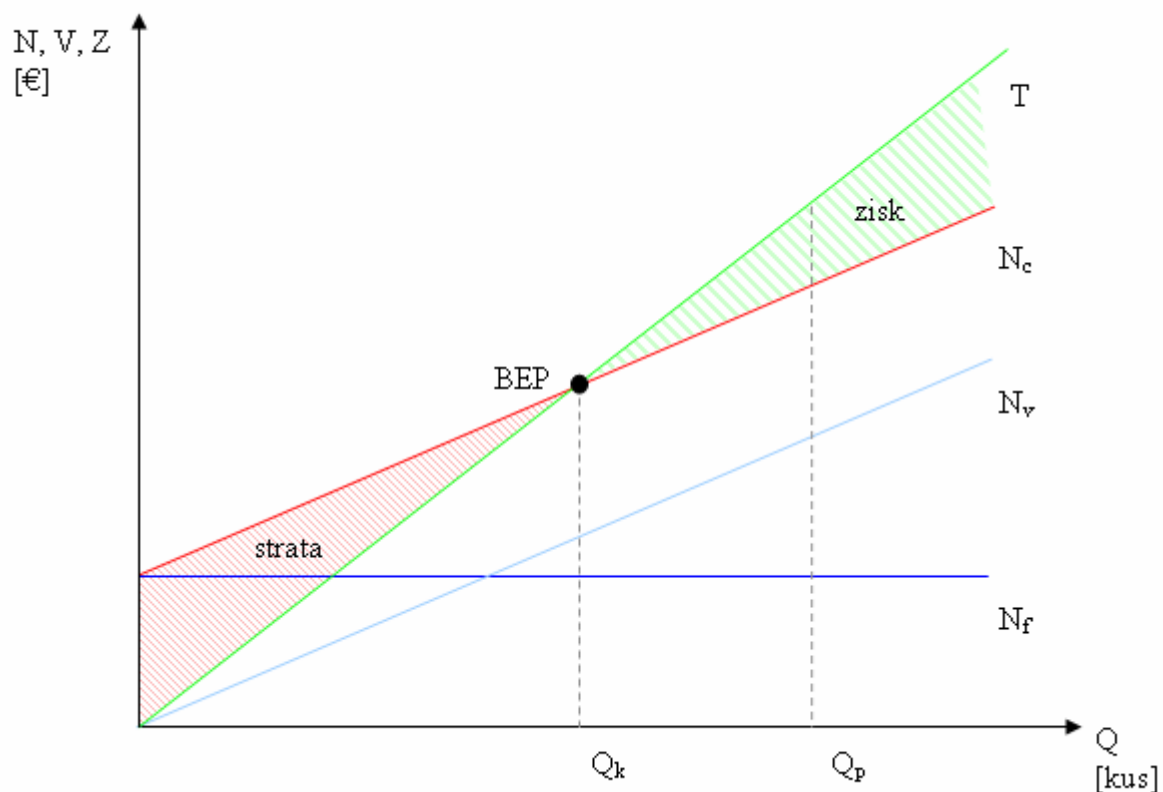
Pre posúdenie ekonomickej výhodnosti navrhovaného racionalizačného opatrenia je vhodné porovnanie stavu pred racionalizáciou a stavu po racionalizácii výroby a montáže prostredníctvom zautomatizovania vybraných montážnych činností. Vhodným nástrojom pre porovnanie oboch stavov je použitie analýzy bodu zvratu.

Analýza nulového bodu je dôležitým nástrojom používaným v procese riadenia rizika v podnikateľskom subjekte, keď podnik potrebuje vedieť, do akej miery môže klesať predaj, aby nevznikli straty, alebo do akej úrovne musí predaj rásť, aby daný produkt alebo služba pokryli celkové náklady. Analýza nulového bodu je použiteľná aj pri neziskovej činnosti, keď manažéri plánujú poskytovať služby, ktoré nemajú za cieľ tvoriť zisk, ale aspoň pokryť náklady na poskytovanie týchto služieb. Analýzu tiež možno použiť v prípade posúdenia investičných variant líšiacich sa variabilnými a fixnými nákladmi.

Analýza bodu zvratu identifikuje bod, v ktorom činnosť podniku nevytvára ani zisk, ani stratu, ani prebytok, ani deficit. Táto analýza porovnáva priebeh výrobných nákladov N_c s priebehom výnosov z predaja výrobkov T a je určená na to, aby ukázala, kde sa hodnota vstupov rovná hodnote výstupov $T = N_c$. Všeobecne sa tento bod nazýva bod zvratu (nulový bod).

10.1 GRAF BODU ZVRATU [5], [6]

Niektorí manažéri uprednostňujú prácu s grafmi a schémami pred prácou s číslami. Vzťah náklad-objem-zisk sa dá jednoduchšie zobrazit' formou grafu tak, ako je to ilustrované na obrázku 24. Grafy bodu zvratu tak predstavujú efektívny spôsob znázornenia vzťahov medzi nákladmi a výnosmi.



Obr. 24 Grafické zobrazenie bodu zvratu

Legenda:

N - obecné označenie nákladov podniku

V - označenie výkonu podniku, napríklad na úrovni tržieb

Z - označenie zisku podniku

Q - objem produkcie podniku

Q_p - plánovaný objem vyrobenej a realizovanej (predanej) produkcie

Q_k - kritické množstvo vyrobenej a realizovanej produkcie, bod zvratu

BEP - bod zvratu, nulový bod

T - priamka tržieb

N_c - priamka celkových nákladov

N_v - priamka variabilných nákladov

N_f - priamka fixných nákladov

Pre kľúčové veličiny z grafu bodu zvratu v obecnej rovine platia uvedené výrazy:

$$T = C_j \cdot Q \quad (1)$$

$$N_c = N_f + N_v \quad (2)$$

$$N_f = \text{konšt.} \quad (3)$$

$$N_v = N_j \cdot Q \quad (4)$$

Význam použitých symbolov je nasledujúci:

C_j – jednotková cena (realizačná cena za jednotku produkcie)

N_j – jednotkové náklady (variabilné náklady na jednotku produkcie)

V mieste priesečníka priamok T a N_c sa nachádza bod zvratu BEP. Akonáhle spoločnosť dosiahne bod zvratu, všetky náklady budú pokryté a akýkoľvek ďalší príspevok bude znamenať zisk alebo prebytok. Je potrebné poznamenať, že priestor medzi priamkou T a N_c rastie za bodom zvratu, táto plocha vyjadruje situáciu, kedy spoločnosť pri predaji každého ďalšieho produktu bude vytvárať stále vyšší zisk

V štandardnej situácii, za inak rovnakých podmienok, dosahuje firma s nízkou hodnotou podielu fixných nákladov k variabilným nákladom bodu zvratu skôr, inak povedané začne skôr generovať zisk.

V štandardnej situácii, za inak rovnakých podmienok, generuje pri prekročení bodu zvratu firma s vysokou hodnotou podielu fixných nákladov k variabilným nákladom zisk alebo stratu s väčšou dynamikou, ako firma s nízkou hodnotou podielu.

Priemet bodu zvratu do osy Q vymedzuje kritické množstvo Q_k , ak by bolo plánované množstvo výstupov $Q_p < Q_k$, hospodárskym výsledkom by bola strata, pri $Q_p > Q_k$ je hospodárskym výsledkom zisk. Spoločnosť nevykazuje ani zisk, ani stratu ak sa jej celkové tržby presne rovnajú jej celkovým nákladom.

10.2 BOD ZVRATU A ZISK [5], [6]

Kľúčové veličiny, bod zvratu a zisk som doteraz vyjadroval graficky. Následne obe veličiny vyjadrím v podobe definičných vzťahov.

Ak uvažíme v obrázku 24 situáciu, keď Q sa rovná Q_k , potom pre zisk platí rovnica:

$$Z = T - N_c = 0 \quad (5)$$

Dosadením definičných vzťahov za T a N_c a nasledovnou úpravou dostaneme pre Q_k výraz:

$$Q_k = \frac{N_f}{(C_j - N_j)} \quad (6)$$

Výraz v menovateli vzťahu 6 je označovaný ako krycí príspevok. Je určený na krytie fixných nákladov, a to až do okamihu, keď Q sa vyrovná Q_k . Následne krycí príspevok slúži na tvorbu zisku.

Aby sme mohli uvažovať o tvorbe zisku, musí byť aktuálne Q väčšie ako Q_k . Potom výraz 5 získa tvar:

$$Z = T - N_c > 0 \quad (7)$$

Dosadením definičných vzťahov za T a N_c a nasledovným dosadením definičného vzťahu pre bod zvratu Q_k a dodatočnou úpravou dostaneme hľadaný výraz pre zisk v tvare:

$$Z = (Q - Q_k) \cdot (C_j - N_j) \quad (8)$$

Bod zvratu, vyjadrený v jednotkách, sa teda vypočíta ako podiel celkových fixných nákladov a príspevku na jednotku:

$$\frac{N_f}{P_j} = Q_k \quad (9)$$

Príspevok P_j je objem, ktorým každá úroveň predaja (alebo vytvorenie príjmu) prispieva k pokrytiu fixných nákladov, tržby mínus variabilné náklady sa rovnajú príspevku.

Ak sú fixné náklady ako nájomné, poistenie majetku a administratívne náklady ako dôsledok rozhodnutia v podniku na konštantnej úrovni, je pri porovnávaní nákladov jednotlivých alternatív potrebné zvažovať len variabilné náklady (napr. materiál, mzda).

Fixné náklady sú fixné len v rámci určitých obmedzení výrobnnej kapacity podniku. Nemusia byť za každých okolností konštantné pri každej úrovni výroby. Na zvýšenie výroby v podniku môže byť potrebné zvýšiť kapacitu výroby, a tak vzniknú ďalšie fixné náklady

10.3 BEZPEČNOSTNÉ ROZPÄTIE [5]

Ďalšou užitočnou veličinou na posúdenie rizika, ktorú je možné určiť z grafu bodu zvratu, je bezpečnostné rozpätie. Ide o vzdialenosť medzi bodom zvratu Q_k a predpokladanou úrovňou činnosti podniku, ktorá vyjadruje počet produktov, o ktorý sa môže zmeniť objem plánovanej produkcie Q_p pred tým, ako vytvorí stratu. Čím väčšie bude bezpečnostné rozpätie, tým nižšie bude riziko, a naopak.

Graf bodu zvratu je efektívny spôsob vyjadrenia vzťahu medzi nákladmi a objemom a zmeny v tomto vzťahu. Ak manažér neukontroluje náklady, existuje nebezpečenstvo, že krivka nákladov v grafe bude strmšia, so zvyšujúcim sa výstupom vznikne väčší prírastok nákladov. Táto situácia spôsobí, že sa bod zvratu posunie doprava. To znamená, že je potrebné, vykonať viac práce, aby sa zabránilo vzniku straty alebo deficitu. Znamená to samozrejme tiež menšie bezpečnostné rozpätie.

10.4 PREDPOKLADY ANALÝZY BODU ZVRATU [5]

Analýza závisí od predpokladov týkajúcich sa reálne dosiahnutých nákladov. Týmito predpokladmi sú určité zjednodušenia, ktoré môžu byť podľa potreby upravené tak, aby zohľadňovali okolnosti v danom čase.

Kľúčovými predpokladmi je to, že:

- variabilné náklady na jednotku ostanú na rovnakej úrovni,
- existuje lineárny vzťah medzi nákladmi (zobrazené ako priamky na grafe nulového bodu),
- objemy predaja spadajú do kapacitného rámca,
- existuje buď jeden produkt či služba, alebo kombinácia rôznych produktov a služieb, ktorá sa nemení.

Variabilné náklady na jednu jednotku zostanú na rovnakej úrovni

Zvyčajne sa predpokladá, že variabilné náklady na jednu jednotku zostanú konštantné počas celého procesu analýzy. Môže ísť o prehnané zjednodušenie, pretože zmeny v objeme predaja môžu obsahovať iné zmeny, napríklad zmeny vo výrobných metódach, efektívnosti produkcie, v predajnej cene alebo predajnom mixe. Konkrétna analýza sa vzťahuje iba na daný súbor okolností.

Lineárnosť

Metóda predpokladá, že náklady a tržby sú proporcionálne k výstupu. V podmienkach priemyslovej praxe je podmienka linearity všetkých závislostí bežne veľmi dobre splniteľná. Táto metóda tiež predpokladá, že variabilné náklady na jednu jednotku a predajná cena sú konštantné. Tento prístup napríklad ignoruje možnosť uplatnenia množstevných zliav pri vyšších úrovniach výstupu.

Relevantný rozsah

Niektoré položky sú vhodné pre rozhodovací proces iba v rámci určitého rozsahu produkcie a to za predpokladu, že fixné náklady zostanú v rámci určitých parametrov na konštantnej úrovni.

Jediný produkt alebo služba prípadne ich rôzny (ale nemenný) mix

Tento druh obmedzenia modelov nákladov vyplýva z predpokladu, že podiel rôznych predaných produktov (kombinácia predaných produktov a služieb) sa nemení. Ak existuje nejaké portfólio produktov a služieb, je možné použiť priemerné variabilné náklady a priemerné tržby danej kombinácie. Táto kombinácia bude zjednodušením danej zložitej situácie. Priemery však v sebe môžu skrývať veľké problémy.

11 EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Pre posúdenie efektívnosti navrhovanej racionalizácie výroby prostredníctvom zakúpenia krimpovacieho automatu je potrebné priradiť finančné hodnoty jednotlivým vstupom a výstupom výroby. Ide o stanovenie variabilných nákladov, fixných nákladov a očakávaných výnosov. Pre porovnanie stavu pred a po racionalizácii a následné zhodnotenie treba spraviť kalkuláciu nákladov a výnosov pre obidva stavy.

11.1 STANOVENIE VARIABILNÝCH A FIXNÝCH NÁKLADOV A VÝNOSOV

Priradenie finančných hodnôt ďalej uvedeným variabilným a fixným nákladom a výnosom bolo prostredníctvom kvalifikovaného odhadu.

Variabilné náklady, závislé od objemu výroby zahŕňajú:

- materiál a spotrebný tovar na výrobu (rozdávzače, elektrická výzbroj, káble, hutný materiál, vrtáky, laky, atď.) vo výške 700 € na jeden rozvádzač,
- mzdy pracovníkov prepočítané na jeden rozvádzač podieľajúcich sa bezprostredne na výrobe v rámci jednej zákazky (vedúci zákazky, projektant, 3 montéri, elektromontážny pracovník a ďalší) vo výške 325,20 € a z toho 215,20 € tvoria mzdy montážnych pracovníkov a 110 € tvoria mzdy ostatných pracovníkov.

Celkové variabilné náklady pripadajúce na jeden rozvádzač pred racionalizáciou výroby sú:

$$N_v = M + P + P_o = 700 + 215,20 + 110 = 1025,20 \text{ €} \quad (10)$$

M – náklady na materiál,

P - mzdy troch montážnych pracovníkov pred racionalizáciou výroby,

P_o - ostatné mzdy.

Mzda troch montážnych pracovníkov bola stavená nasledovne:

Na základe modelovej zákazky som určil priemernú dobu montáže jednotky produkcie (jedného rozvádzača) z montážnych časov systémových a marshallingových rozvádzačov uvedených v tabuľke 1 pre stav pred racionalizáciou:

$$T_r = \frac{T_{rs} \cdot R_s + T_{rm} \cdot R_m}{R_s + R_m} = \frac{27,65 \text{ h} \cdot 12 + 49,20 \text{ h} \cdot 30}{12 + 30} = 43,04 \text{ h} \quad (11)$$

a v tabuľke 4 pre stav po racionalizácii:

$$T_r' = \frac{T_{rs}' \cdot R_s + T_{rm}' \cdot R_m}{R_s + R_m} = \frac{25,22 \text{ h} \cdot 12 + 44,20 \text{ h} \cdot 30}{12 + 30} = 38,78 \text{ h} \quad (12)$$

kde:

T_r a T_r' – priemerná montážna doba jedného rozvádzača pred a po racionalizácii v prípade, že na jednom rozvádzači pracujú 3 montážni pracovníci,

T_{rs} a T_{rs}' – celková montážna doba systémového rozvádzača pred a po racionalizácii prevzatá z tabuľky 1 a tabuľky 4,

T_{rm} a T_{rm}' - celková montážna doba marshallingového rozvádzača pred a po racionalizácii prevzatá z tabuľky 1 a z tabuľky 4,

R_s – počet systémových rozvádzačov v analyzovanej modelovej zákazke,

R_m - počet marshallingových rozvádzačov v analyzovanej modelovej zákazke.

Pri uvažovanej hodinovej mzde montážneho pracovníka 5 € dostávame mzdové náklady za jeden rozvádzač vo výške 215,20 €.

Po racionalizácii výroby pri uvažovanej hodinovej mzde montážneho pracovníka 5 € dostávame mzdové náklady za jeden rozvádzač vo výške 193,90 €.

Celkové variabilné náklady po racionalizácii výroby a montáže N_v' pripadajúce na jeden rozvádzač tak klesnú na hodnotu:

$$N_v' = M + P' + P_o = 700 + 193,90 + 110 = 1003,90 \text{ €} \quad (13)$$

M – náklady na materiál,

P' - mzdy troch montážnych pracovníkov po racionalizácii výroby,

P_o - ostatné mzdy.

Fixné náklady N_f pre stav pred racionalizáciou výroby vo výške 8000 €, ktoré priamo nesúvisia s objemom výroby zahŕňajú:

- správu a údržbu budovy,
- vybavenie dielni (vysokozdvíhny vozík, vrtačky, brúsky),
- režijné náklady súvisiace s chodom firmy.

Fixné náklady pre stav po racionalizácii výroby sa zvýšia o podiel na ročnom odpise zakúpeného krimpovacieho zariadenia. Krimpovacie zariadenie v cene 5493 € spadá do odpisovej kategórie 2 a štandardne sa odpisuje po obdobie štyroch rokov, ročný odpis zariadenia tak predstavuje 1373,25 €. Podľa Ganttovho diagramu zákazky a doby montáže je krimpovací automat pre túto zákazku využívaný dva mesiace a jeho príspevok ku fixným nákladom je teda 228,88 €. Po racionalizácii výroby fixné náklady teda sú vo výške:

$$N_f' = N_f + O = 8000 + 228,88 = 8228,88 \text{ €} \quad (14)$$

kde:

N_f – fixné náklady pred racionalizáciou,

O - dvojmesačný odpis krimpovacieho zariadenia Weidmuller CrimpFix 2.5

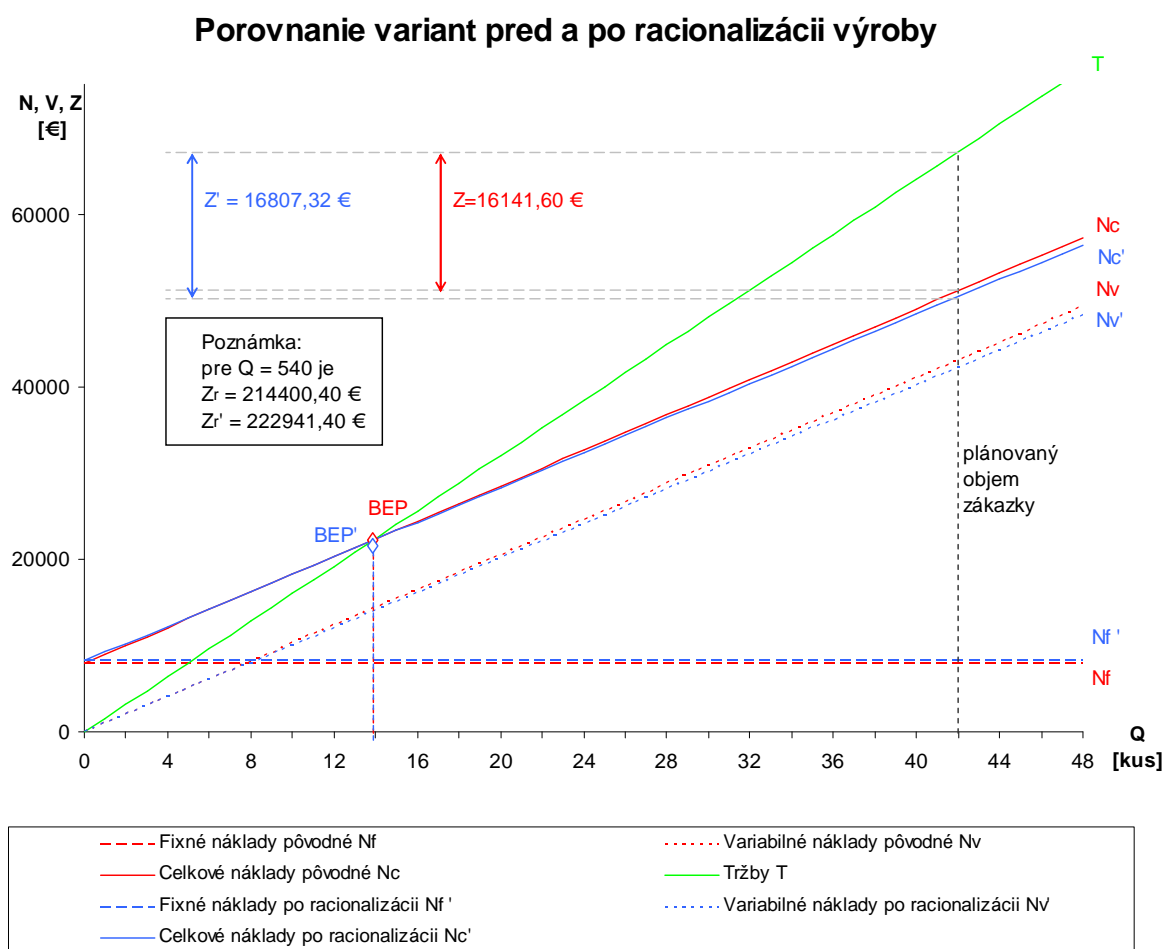
Očakávaný výnos v podobe ceny rozvádzača bol stanovený ako priemerná hodnota cien systémových a marshallingových rozvádzačov vyrábaných spoločnosťou a tento výnos predstavuje čiastku 1600 € na jeden rozvádzač. Pri uvažovanej modelovej zákazke pozostávajúcej celkom zo 42 kusov rozvádzačov je očakávaný výnos 67200 €.

11.2 APLIKÁCIA ANALÝZY BODU ZVRATU

Grafickým spracovaním údajov uvedených v tabuľke 5 dostaneme grafické vyjadrenie analýzy bodu zvratu v podobe, ako je uvedené na obrázku 25. Prostredníctvom grafu bodu zvratu môžeme porovnať stav výroby a montáže pred racionalizáciou so stavom po zakúpení krimpovacieho automatu.

| | | stav pred racionalizáciou | | stav po racionalizácii | |
|--------------------|-----|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | | zákazka (42 rozvádzačov) | rozdávzač | zákazka (42 rozvádzačov) | rozdávzač |
| variabilné náklady | [€] | 43 058,40 | 1 025,20 | 42 163,80 | 1 003,90 |
| fixné náklady | [€] | 8 000,00 | - | 8228,88 | - |
| celkové náklady | [€] | 51 058,40 | - | 50392,68 | - |
| tržby | [€] | 67 200,00 | 1 600,00 | 67 200,00 | 1 600,00 |

Tab. 5 Vstupné dáta pre analýzu bodu zvratu



Obr. 25 Grafické znázornenie analýzy bodu zvratu pre porovnanie variant

Z grafického vyjadrenia analýzy bodu zvratu vidieť, že po racionalizácii výroby spoločnosť dosiahne bodu zvratu pre rovnaký objem produkcie, ako tomu bolo pred racionalizáciou. No v dôsledku toho, že spoločnosť sa zakúpením krimpovacieho automatu stala kapitálovo ťažšia, bude dosahovať po prekonaní bodu zvratu vyšší zisk. Už pre uvažovanú modelovú zákazku je zisk po racionalizácii výroby generovaný s väčšou dynamikou v porovnaní so stavom pred prijatím racionalizačného opatrenia. Výsledky získané prostredníctvom grafu bodu zvratu následne budú overené výpočtom.

11.3 VÝPOČET BODU ZVRATU A ZISKU

Dosadením údajov z tabuľky 5 do definičného vzťahu 6 boli vypočítané body zvratu pre východiskovú situáciu a pre situáciu po zakúpení krimpovacieho automatu.

Výpočet bodu zvratu Q_k pred racionalizáciou:

$$Q_k = \frac{N_f}{C_j - N_j} = \frac{8000}{1600 - 1025,20} = 13,9 \approx 14 \text{ rozvádzačov} \quad (15)$$

Výpočet bodu zvratu Q_k' po racionalizácii:

$$Q_k' = \frac{N_f'}{C_j - N_j'} = \frac{8228,88}{1600 - 1003,90} = 13,8 \approx 14 \text{ rozvádzačov} \quad (16)$$

Použitím kontrolného výpočtu pomeru celkových fixných nákladov k príspevku na jeden rozvádzač možno konštatovať, že príspevok z predaja rozvádzačov v oboch porovnávaných prípadoch pokryje fixné náklady a od počtu 14 rozvádzačov a viac bude prinášať zisk. Túto skutočnosť potvrdzuje aj graf bodu zvratu uvedený na obrázku 25.

Výpočet nákladovej ekvivalencie:

$$N_c = N_c' \quad (17)$$

$$N_f + Q_{NE} \cdot N_j = N_f' + Q_{NE} \cdot N_j' \quad (18)$$

$$Q_{NE} = \frac{N_f' - N_f}{N_j - N_j'} = \frac{8228,88 - 8000}{1025,20 - 1003,90} = 10,7 \approx 11 \text{ rozvádzačov} \quad (19)$$

Bod nákladovej ekvivalencie predstavuje objem produkcie, pri ktorom sa náklady oboch porovnávaných variant vyrovnajú. Za týmto bodom, však už bude kapitálovo ťažšia spoločnosť výhodnejšia, bude generovať menšiu stratu a následne za bodom Q_k dosahovať

zisk vo väčšej miere. Toto tvrdenie možno overiť vypočítaním zisku za bodom Q_{NE} , napríklad pre analyzovanú zákazku (42 rozvádzačov).

Dosadením do definičného vzťahu 5 sa stanoví zisk pre obe porovnávané situácie. Výpočet zisku Z pre analyzovanú zákazku pred racionalizáciou:

$$Z = T - N_c = 67200 - 51058,40 = 16141,60 \text{ €} \quad (20)$$

Výpočet zisku Z' pre analyzovanú zákazku po racionalizácii:

$$Z' = T - N'_c = 67200 - 50392,68 = 16807,32 \text{ €} \quad (21)$$

Pre stanovenie zisku z hľadiska ročnej produkcie boli formou kvalifikovaného odhadu stanovené ročné fixné náklady N_{fr} vo výške 96000 € pre východiskový stav. V rámci racionalizácie výroby sa bude uvažovať zakúpenie dvoch krimpovacích zariadení typu Weidmuller CrimpFix 2.5 a ich nasadenie do výroby. Pre stav po racionalizácii teda budú fixné náklady:

$$N'_{fr} = N_{fr} + 2 \cdot O_r = 96000 + 2 \cdot 1373,25 = 98746,50 \text{ €} \quad (22)$$

N_{fr}, N'_{fr} – ročné fixné náklady pre stav pred a po racionalizácii výroby,
 O_r – ročný odpis krimpovacieho zariadenia Weidmuller CrimpFix 2.5

Dosadením do vzťahu 5 sa určia body zvratu pre oba stavy, stav pred Q_{kr} a stav po Q'_{kr} racionalizácii výroby:

$$Q_{kr} = \frac{N_{fr}}{C_j - N_j} = \frac{96000}{1600 - 1025,20} = 167,01 \approx 167 \text{ rozvádzačov} \quad (23)$$

$$Q'_{kr} = \frac{N'_{fr}}{C_j - N'_j} = \frac{98746,50}{1600 - 1003,90} = 165,65 \approx 166 \text{ rozvádzačov} \quad (24)$$

Výpočet zisku Z_r pred racionalizáciou pre 540 rozvádzačov, čo predstavuje kvalifikovaný odhad objemu ročnej produkcie:

$$Z_r = (Q - Q_{kr}) \cdot (C_j - N_j) = (540 - 167) \cdot (1600 - 1025,20) = 214400,40 \text{ €} \quad (25)$$

Výpočet zisku Z'_r po racionalizácii pre 540 rozvádzačov:

$$Z'_r = (Q - Q'_{kr}) \cdot (C_j - N'_j) = (540 - 166) \cdot (1600 - 1003,90) = 222941,40 \text{ €} \quad (26)$$

11.4 ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Už grafickým spracovaním analýzy bodu zvratu vyplynulo, že navrhované racionalizačné opatrenie je výhodné. Numerický výpočet bodu zvratu a zisku pre stav výroby a montáže rozvádzačov pred a po racionalizácii toto konštatovanie len potvrdil. Zakúpením krimpovacieho zariadenia Weidmuller CrimpFix 2.5 a následným zautomatizovaním vybraných výrobných-montážnych činností možno dosiahnuť skrátenie procesu prípravy signálnych vodičov a tým aj skrátenie celkových montážnych časov marshallingových a systémových rozvádzačov tak ako uvádza tabuľka 6.

| | | stav pred racionalizáciou | stav po racionalizácii |
|--|-----|------------------------------|---------------------------|
| príprava signálneho vodič | | 1,5 min | 0,5 min |
| príprava signálnych vodičov marshallingového rozvádzača | | 450 min | 150 min |
| príprava signálnych vodičov v systémovom rozdávzači | | 219 min | 73 min |
| montáž marshallingového rozvádzača | | 49:12:00 | 44:12:00 |
| montáž systémového rozvádzača | | 27:39:00 | 25:13:00 |
| variabilné náklady | [€] | 43 058,40 | 42 163,80 |
| fixné náklady | [€] | 8 000,00 | 8 228,88 |
| celkové náklady | [€] | 51 058,40 | 50 392,68 |
| tržby | [€] | 67 200,00 | 67 200,00 |
| zisk | [€] | 16 141,60 | 16 807,32 |
| predpokladaný ročný zisk | [€] | 214 400,40 | 222 941,40 |

Poznámka: uvedené finančné hodnoty vstupov a výstupov pred a po racionalizácii výroby sa vzťahujú k uvažovanej modelovej zákazke s výnimkou predpokladaného ročného zisku

Tab. 6 Porovnanie časových noriem, vstupov a výstupov pred a po racionalizácii

Skrátením montáže uvedených typov rozvádzačov sa dosiahne tiež zvýšenie dynamiky generovania zisku, čo pre odhadovaný ročný objem produkcie približne 540 rozvádzačov predstavuje v dôsledku poklesu variabilných nákladov zvýšenie zisku o 8541 €, čo znamená nárast zisku o 3,9 %.

Ďalšie možnosti racionalizácie výroby vidím najmä v snahe zautomatizovať, čo najväčšiu časť montážneho procesu prostredníctvom automatov (napr. strihací automat káblov) a v následnom reorganizovaní montážnych pracovísk, v súlade so zakúpenými automatmi, za cieľom zvýšenia efektivity materiálnych a informačných tokov.

12 ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo zoznámiť sa s výrobným prostredím a logistikou montáže nízkonapäťových rozvádzačov v spoločnosti ProCS s.r.o. Prvá časť práce obsahuje základný prehľad z oblasti logistiky, controllingu a projektovania.

Po predstavení spoločnosti som sa zamerlal na proces výroby a montáže, ktorý som sa snažil prostredníctvom modelovej zákazky bližšie analyzovať. Priebeh zákazky začína uzavretím kontraktu, pokračuje plánovaním výroby a montáže, jej technickou prípravou a materiálnym zabezpečením, nasleduje samotná montáž rozvádzačov, ich kontrola a expedícia zákazníčkovi. Cieľom analýzy výrobného prostredia bolo odhalenie slabého miesta a nájdenie možnosti zefektívnenia a optimalizácie montážneho procesu, čo by viedlo k úspore výrobných faktorov, nákladov a v neposlednej rade i k vyšším ziskom.

Spracovaním časových noriem na základe merania doby trvania jednotlivých pracovných úkonov a vyhotovením Ganttových diagramov som našiel možnosť racionalizácie výroby rozvádzačov v procese prípravy signálnych vodičov. Proces prípravy vodičov predstavuje jeden z časovo najnáročnejších úkonov v priebehu montáže systémových aj marshallingových rozvádzačov. Ďalšia časť práce sa už detailne zaoberá navrhnutým racionalizačným opatrením.

Zefektívnenie výroby a montáže je možné prostredníctvom zautomatizovania procesu stripovania a krimpovania v rámci prípravy signálnych vodičov, čo môže mať obzvlášť pri väčších zákazkách rozhodujúci vplyv na ekonomický aspekt podnikania. Ako prostriedok čiastočnej automatizácie výroby som po analýze trhu vybral viacúčelový krimpovací automat CrimpFix 2.5 firmy Weidmuller. Uvedené zariadenie bolo zvolené na základe požiadaviek spoločnosti, ktorým plne vyhovuje. Prednosťou automatu Weidmuller CrimpFix 2.5 je najmä schopnosť pracovať s krimpovacími dutinkami od rôznych výrobcov.

Posledná časť práce sa zaoberá ekonomickým zhodnotením navrhnutého racionalizačného opatrenia. Na posúdenie vhodnosti zefektívnenia výroby som použil analýzu bodu zvratu, ktorá umožňuje porovnanie investičných variant líšiacich sa variabilnými a fixnými nákladmi, konkrétne porovnanie stavu pred zavedením racionalizácie výroby so stavom po zakúpení krimpovacieho automatu. Prostredníctvom grafu bodu zvratu a numerických výpočtov možno konštatovať, že navrhnuté racionalizačné opatrenie je naozaj efektívne. Zautomatizovaním stripovania a krimpovania prostredníctvom krimpovacieho automatu spoločnosť bude dosahovať nielen vyšší zisk v dôsledku úspory nákladov a skrátenia celkového montážneho procesu výroby rozvádzačov, ale aj získa pridanú hodnotu, a to voľný čas, ktorý je možné ďalej rôznym spôsobom využiť. Získaný voľný čas

montážnych pracovníkov možno využiť k ďalšej produkcii alebo výpomoci ostatným montážnym tímom.

Dôležitým prínosom použitia krimpovacieho zariadenia je aj zvýšenie konkurenčnej výhody spoločnosti z pohľadu skrátenia celkovej doby zákazky a zvýšenia flexibilitnosti pri požiadavkách zákazníkov na časovo kritické projekty.

Zefektívnenie procesu výroby a montáže nízkonapäťových rozvádzačov prinesie nielen vyšší zisk a zníženie pracnosti, ale aj vyššiu stabilitu produkcie, vďaka čomu dôjde k redukcii chýb a zvýšeniu kvality.

13 ZOZNAM TABULIEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Celkové montážne časy v normohodinách | 42 |
| Tab. 2 Doba montáže rozvádzačov pri optimálnom počte pracovníkov | 44 |
| Tab. 3 Porovnanie výberových kritérií krimpovacích zariadení vhodných pre potreby výroby a montáže..... | 52 |
| Tab. 4 Stav výroby po zavedení krimpovacieho zariadenia do procesu prípravy vodičov | 55 |
| Tab. 5 Vstupné dáta pre analýzu bodu zvratu | 64 |
| Tab. 6 Porovnanie časových noriem, vstupov a výstupov pred a po racionalizácii..... | 67 |
| Tab. 7 Vstupné hodnoty pre zostavenie grafu bodu zvratu | 76 |
| Tab. 8 Vstupné hodnoty pre zostavenie grafu bodu zvratu | 78 |

14 ZOZNAM OBRÁZKOV

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Projektový trojuholník..... | 16 |
| Obr. 2 Zapojenie svoriek svorkovnic | 20 |
| Obr. 3 Napájanie rozvádzača..... | 22 |
| Obr. 4 Zemniaca zbernica..... | 23 |
| Obr. 5 Označenie rozvádzača..... | 23 |
| Obr. 6 CPU node systémového rozvádzača..... | 24 |
| Obr. 7 Systémový rozvádzač s troma pomocnými uzlami | 25 |
| Obr. 8 Marshallingový rozvádzač | 27 |
| Obr. 9 Harmonogram zákazky | 30 |
| Obr. 10 Skriňa rozvádzača a kostra rozvádzača s montážnou doskou | 35 |
| Obr. 11 Zmontovaný sokel | 36 |
| Obr. 12 Plastové žľaby namontované v rozvádzači a na montážnej doske..... | 37 |
| Obr. 13 Príklad 19“ rámu a osadenia DIN líšt..... | 38 |
| Obr. 14 Zapojenie signálnych vodičov do MTA kariet..... | 39 |
| Obr. 15 Osadenie a zapojenie ventilátorov a svetla..... | 40 |
| Obr. 16 Finálna podoba rozvádzačov po dokončení montážnych prác..... | 41 |
| Obr. 17 Krimpovacie kliešte, strippovacie kliešte a strihacie kliešte | 47 |
| Obr. 18 Strihací automat Weidmuller CutFix 8 | 48 |
| Obr. 19 Odizolovávací automat Zoller+Frohlich AI 02 | 49 |
| Obr. 20 Ukážka nalisovaných dutiniek krympovacím automatom | 50 |
| Obr. 21 Phoenix Contact CF 3000..... | 53 |
| Obr. 22 Weidmuller CRIMPFIX 2.5 | 54 |
| Obr. 23 TYCO MC25 | 55 |
| Obr. 24 Grafické zobrazenie bodu zvratu..... | 57 |
| Obr. 25 Grafické znázornenie analýzy bodu zvratu pre porovnanie variant | 64 |
| Obr. 26 Ganttov diagram montáže systémového rozvádzača pred racionalizáciou výroby..... | 74 |
| Obr. 27 Ganttov diagram montáže marshallingového rozvádzača pred racionalizáciou výroby | 75 |
| Obr. 28 Graf bodu zvratu pre stav výroby pred racionalizáciou | 77 |
| Obr. 29 Graf bodu zvratu pre stav výroby po racionalizácii | 79 |

15 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

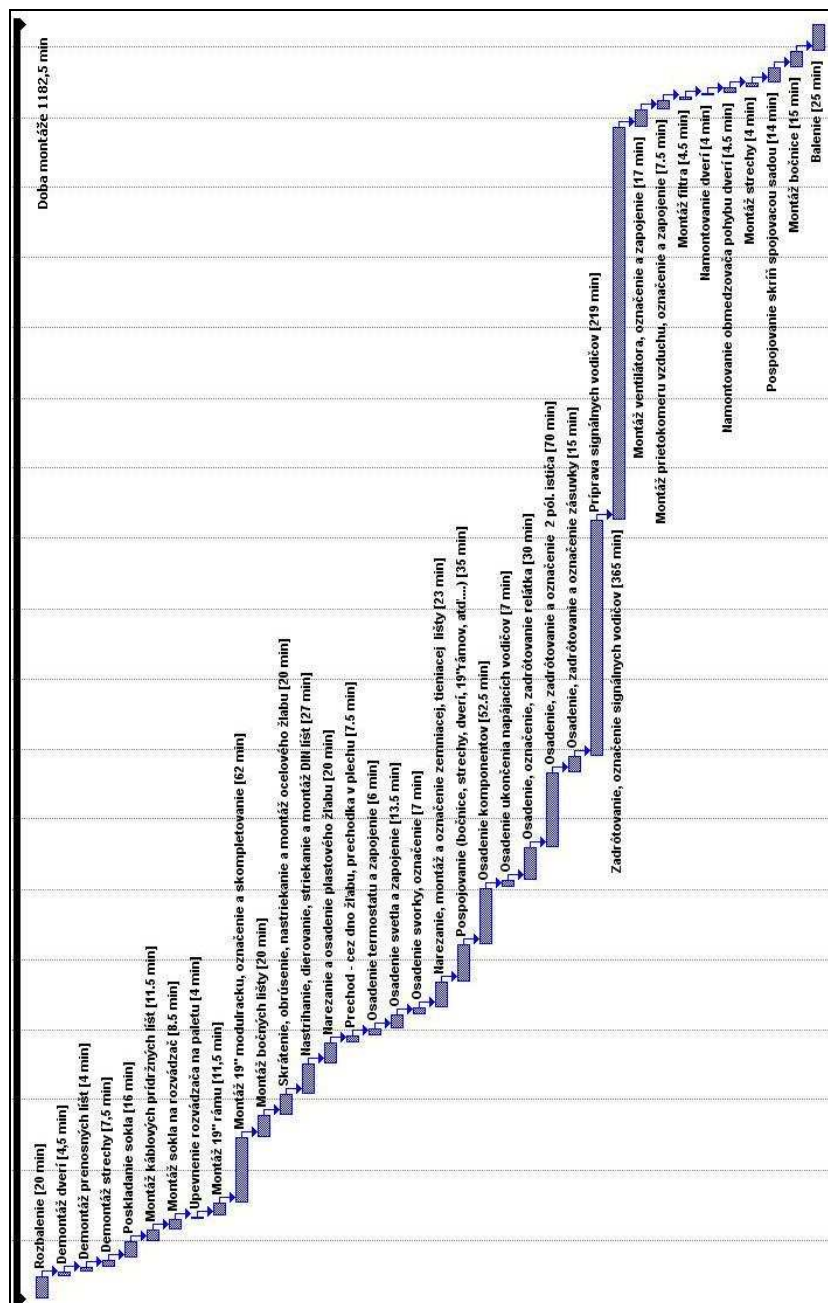
- [1] ŠPINKA, J., CENEK, M. Počítačové projektování výrob, logistika a ekologie. Skripta. Brno: Vysoké učení technické v Brně.
- [2] ŠPINKA, J., ŠIMEK, J. Technologické projektování. Skripta. Brno: Vysoké učení technické v Brně.
- [3] ProCS, s.r.o., Šaľa. Výroba nízkonapät'ových rozvádzačov. Pracovná inštrukcia. 2007. 19 strán.
- [4] ProCS, s.r.o., Šaľa. Riadenie a plánovanie výroby a montáže. Smernica. 2005. 20 strán.
- [5] Programový tím pre certifikát v manažmente. Náklady a finančné rozhodovanie. Bratislava: Nadácia City University Bratislava, 2003. 126 strán. ISBN 80-89045-68-5
- [6] KALOUDA, F. Základy firemních financí, skriptum. Brno, 2004.
- [7] DOLANSKÝ, V. Projektový management. Praha: Grada, 1996.
- [8] KALIŠ, J., HYNDRÁK, K., TESAŘ, V. Microsoft Project Kompletní průvodce pro verze 2003 a 2002. Brno: Computer Press, 2003. 597 strán. ISBN 80-251-0074-X
- [9] Microsoft Project 98 Krok za krokem. Brno: Computer Press, 1998. 308 strán. ISBN 80-7226-077-4
- [10] PAZDERA, V. Snížení nákladů při výrobě osazených desek plošných spojů. Brno, 2005.
- [11] Weidmuller. Crimpfix 2.5 user manual.
- [12] TYCO Electronics. Applicators and Crimping Machines. Produktový katalóg.
- [13] Phoenix Contact. CF 3000 user manual.
- [14] Zoller+Frohlich. Produktový katalóg.
- [15] Webová prezentácia spoločnosti ProCS. [cit. 2007-11-19] Dostupné z WWW: <http://www.procs.sk>
- [16] Konečný, M. Automaty pro stříhání, odizolování a lisování. [cit. 2009-1-20]. Dostupné z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25491
- [17] Kabelová technika. [cit. 2009-1-20]. Dostupné z WWW: <http://www.smtcentrum.cz/pruvodce-technologie/kabelova-technika/>
- [18] Microsoft Office Project 2007. [cit. 2008-4-28] Dostupné z WWW: <http://www.microsoft.com>
- [19] ProCS, s.r.o., Šaľa. Pracovný postup pri výrobe rozvádzačov. 2009. 11 strán.
- [20] ProCS, s.r.o., Šaľa. Marshalling and system cabinets specification. 2009. 65 strán.

16 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

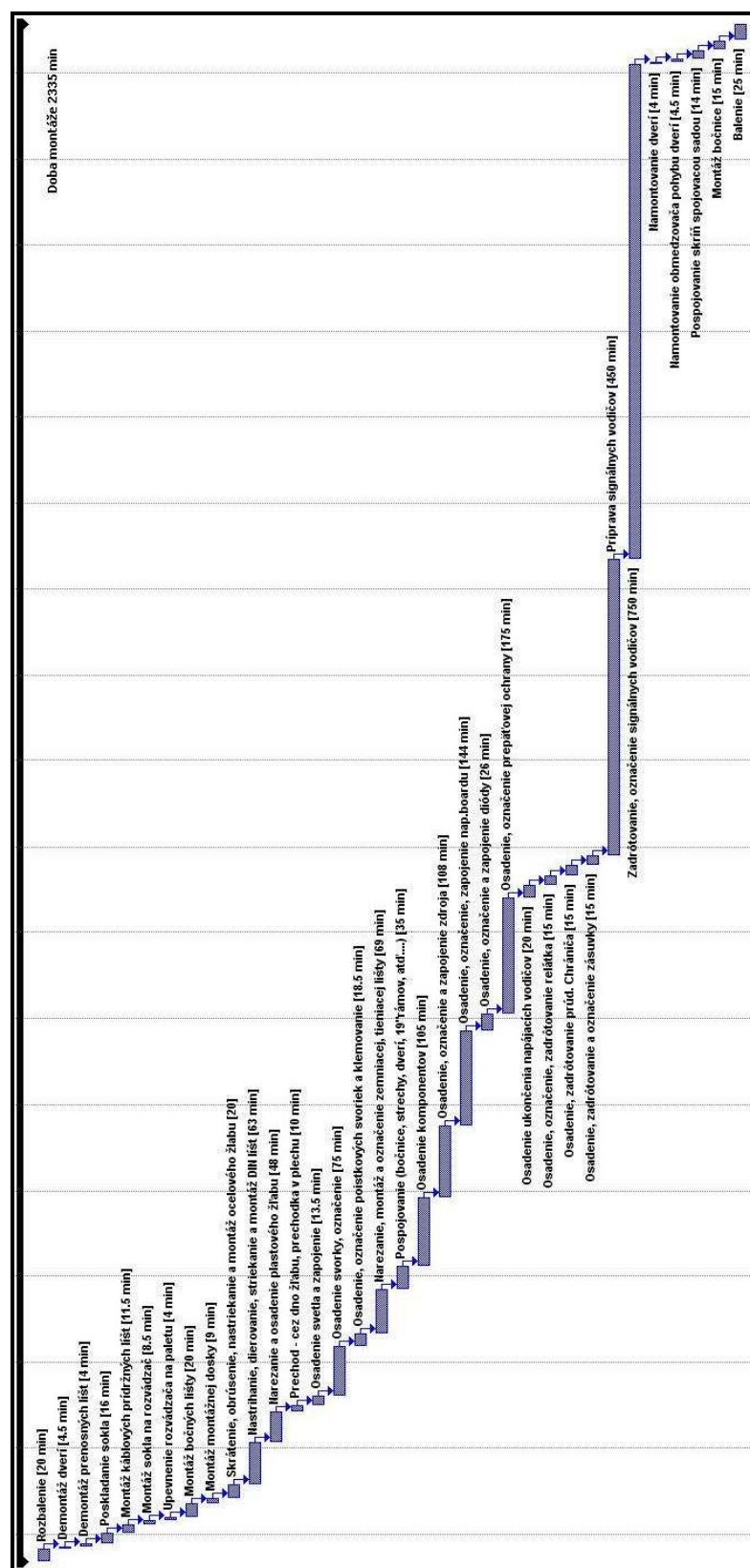
| | |
|--------|---|
| AC | striedavý prúd |
| BEP | bod zvratu |
| CPU | procesorová jednotka |
| DC | jednosmerný prúd |
| EMC | elektromagnetická kompatibilita |
| FAT | integračný test za účasti zákazníka |
| I/O | vstup/výstup |
| IS | iskrová bezpečnosť |
| MD | montážna doska |
| MTA | marshallingová meracia karta (marshalling termination assembly) |
| ON | Oddelenie nákupu |
| OVR | Oddelenie výroby rozvádzačov |
| PVC | polyvinylchlorid |
| TOS | technicko-obchodná špecifikácia |
| TP OVR | Technická príprava oddelenia výroby rozvádzačov |
| ÚRP | Úsek riadenia projektov |
| ÚVaM | Úsek výroby a montáže |

17 ZOZNAM PRÍLOH

17.1 PRÍLOHA A – GANTTOVE DIAGRAMY



Obr. 26 Ganttov diagram montáže systémového rozvádzača pred racionalizáciou výroby

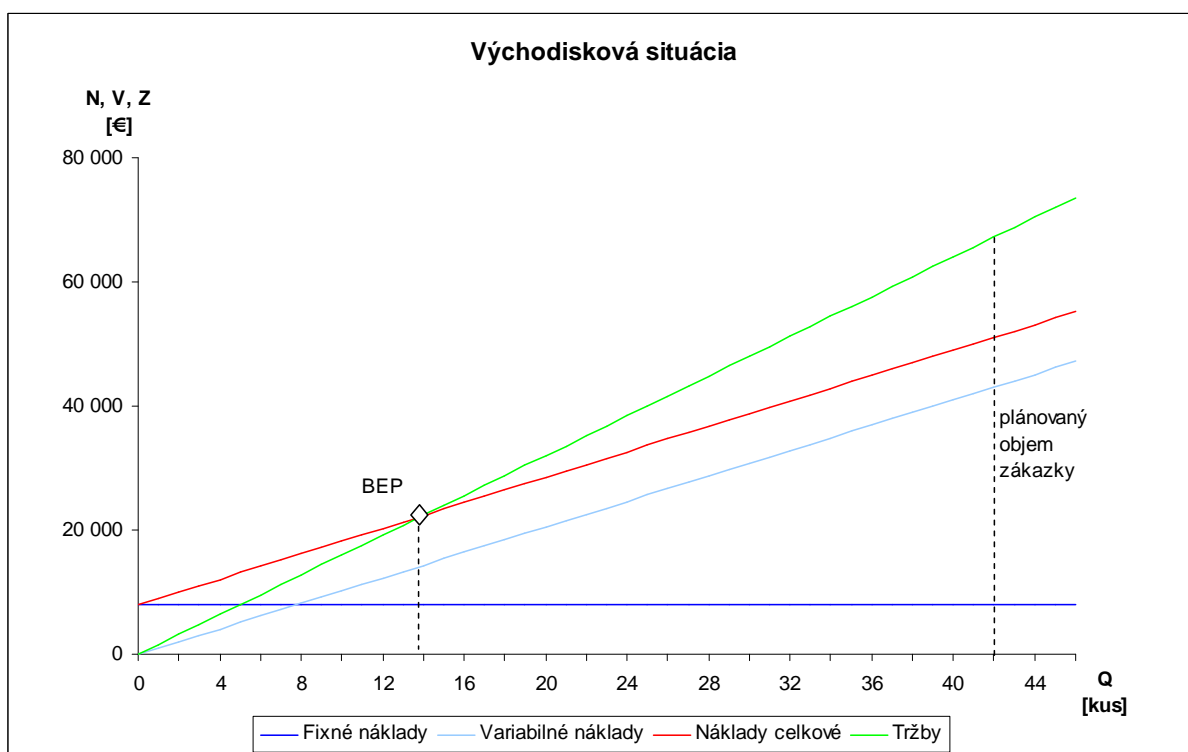


Obr. 27 Ganttov diagram montáže marshallingového rozvádzača pred racionalizáciou výroby

17.2 PRÍLOHA B – BEP ANALÝZA STAVU VÝROBY PRED RACIONALIZÁCIOU

| Q [kus] | Fixné nákladv [€] | Variabilné nákladv [€] | Náklady celkové [€] | Tržby [€] |
|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------|
| 0 | 8 000 | 0,00 | 8 000,00 | 0 |
| 1 | 8 000 | 1 025,20 | 9 025,20 | 1 600 |
| 2 | 8 000 | 2 050,40 | 10 050,40 | 3 200 |
| 3 | 8 000 | 3 075,60 | 11 075,60 | 4 800 |
| 4 | 8 000 | 4 100,80 | 12 100,80 | 6 400 |
| 5 | 8 000 | 5 126,00 | 13 126,00 | 8 000 |
| 6 | 8 000 | 6 151,20 | 14 151,20 | 9 600 |
| 7 | 8 000 | 7 176,40 | 15 176,40 | 11 200 |
| 8 | 8 000 | 8 201,60 | 16 201,60 | 12 800 |
| 9 | 8 000 | 9 226,80 | 17 226,80 | 14 400 |
| 10 | 8 000 | 10 252,00 | 18 252,00 | 16 000 |
| 11 | 8 000 | 11 277,20 | 19 277,20 | 17 600 |
| 12 | 8 000 | 12 302,40 | 20 302,40 | 19 200 |
| 13 | 8 000 | 13 327,60 | 21 327,60 | 20 800 |
| 14 | 8 000 | 14 352,80 | 22 352,80 | 22 400 |
| 15 | 8 000 | 15 378,00 | 23 378,00 | 24 000 |
| 16 | 8 000 | 16 403,20 | 24 403,20 | 25 600 |
| 17 | 8 000 | 17 428,40 | 25 428,40 | 27 200 |
| 18 | 8 000 | 18 453,60 | 26 453,60 | 28 800 |
| 19 | 8 000 | 19 478,80 | 27 478,80 | 30 400 |
| 20 | 8 000 | 20 504,00 | 28 504,00 | 32 000 |
| 21 | 8 000 | 21 529,20 | 29 529,20 | 33 600 |
| 22 | 8 000 | 22 554,40 | 30 554,40 | 35 200 |
| 23 | 8 000 | 23 579,60 | 31 579,60 | 36 800 |
| 24 | 8 000 | 24 604,80 | 32 604,80 | 38 400 |
| 25 | 8 000 | 25 630,00 | 33 630,00 | 40 000 |
| 26 | 8 000 | 26 655,20 | 34 655,20 | 41 600 |
| 27 | 8 000 | 27 680,40 | 35 680,40 | 43 200 |
| 28 | 8 000 | 28 705,60 | 36 705,60 | 44 800 |
| 29 | 8 000 | 29 730,80 | 37 730,80 | 46 400 |
| 30 | 8 000 | 30 756,00 | 38 756,00 | 48 000 |
| 31 | 8 000 | 31 781,20 | 39 781,20 | 49 600 |
| 32 | 8 000 | 32 806,40 | 40 806,40 | 51 200 |
| 33 | 8 000 | 33 831,60 | 41 831,60 | 52 800 |
| 34 | 8 000 | 34 856,80 | 42 856,80 | 54 400 |
| 35 | 8 000 | 35 882,00 | 43 882,00 | 56 000 |
| 36 | 8 000 | 36 907,20 | 44 907,20 | 57 600 |
| 37 | 8 000 | 37 932,40 | 45 932,40 | 59 200 |
| 38 | 8 000 | 38 957,60 | 46 957,60 | 60 800 |
| 39 | 8 000 | 39 982,80 | 47 982,80 | 62 400 |
| 40 | 8 000 | 41 008,00 | 49 008,00 | 64 000 |
| 41 | 8 000 | 42 033,20 | 50 033,20 | 65 600 |
| 42 | 8 000 | 43 058,40 | 51 058,40 | 67 200 |

Tab. 7 Vstupné hodnoty pre zostavenie grafu bodu zvratu

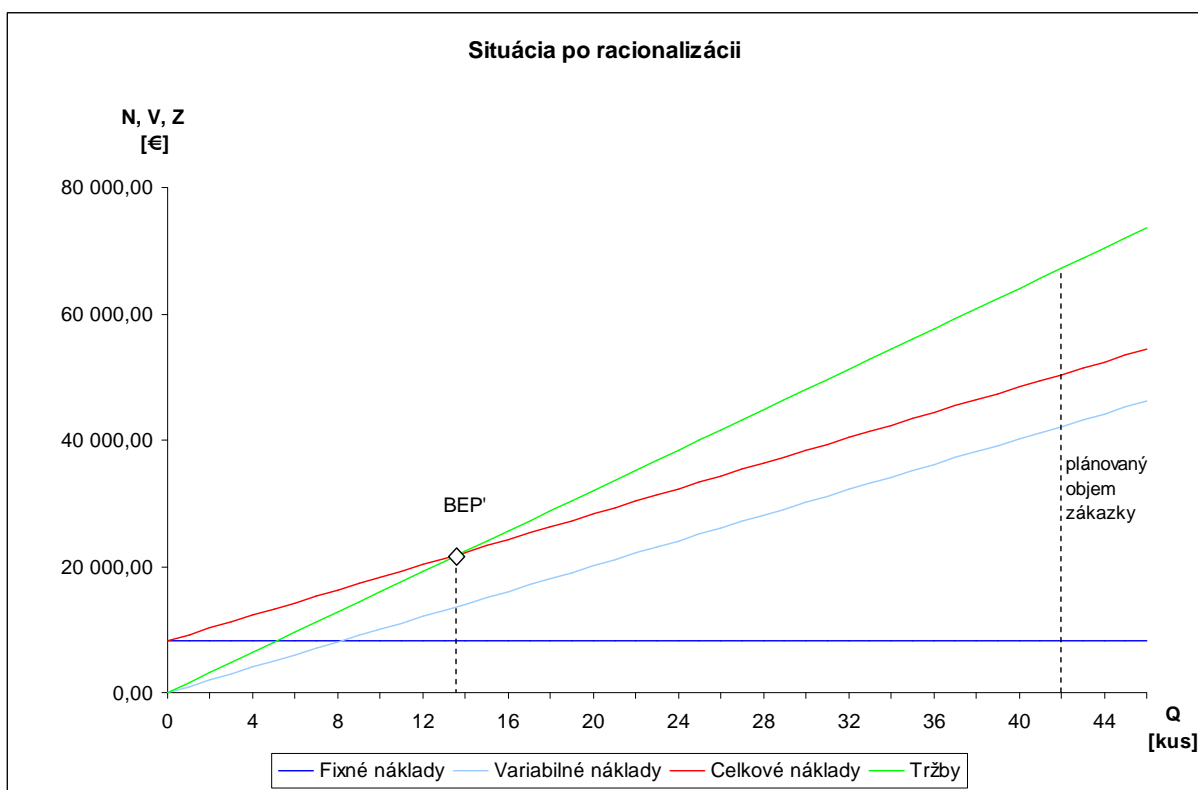


Obr. 28 Graf bodu zvratu pre stav výroby pred racionalizáciou

17.3 PRÍLOHA C – BEP ANALÝZA STAVU VÝROBY PO RACIONALIZÁCIÍ

| Q [kus] | Fixné nákladv [€] | Variabilné nákladv [€] | Celkové nákladv [€] | Tržby [€] |
|------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------|
| 0 | 8 228,88 | 0,00 | 8 228,88 | 0 |
| 1 | 8 228,88 | 1 003,90 | 9 232,78 | 1 600 |
| 2 | 8 228,88 | 2 007,80 | 10 236,68 | 3 200 |
| 3 | 8 228,88 | 3 011,70 | 11 240,58 | 4 800 |
| 4 | 8 228,88 | 4 015,60 | 12 244,48 | 6 400 |
| 5 | 8 228,88 | 5 019,50 | 13 248,38 | 8 000 |
| 6 | 8 228,88 | 6 023,40 | 14 252,28 | 9 600 |
| 7 | 8 228,88 | 7 027,30 | 15 256,18 | 11 200 |
| 8 | 8 228,88 | 8 031,20 | 16 260,08 | 12 800 |
| 9 | 8 228,88 | 9 035,10 | 17 263,98 | 14 400 |
| 10 | 8 228,88 | 10 039,00 | 18 267,88 | 16 000 |
| 11 | 8 228,88 | 11 042,90 | 19 271,78 | 17 600 |
| 12 | 8 228,88 | 12 046,80 | 20 275,68 | 19 200 |
| 13 | 8 228,88 | 13 050,70 | 21 279,58 | 20 800 |
| 14 | 8 228,88 | 14 054,60 | 22 283,48 | 22 400 |
| 15 | 8 228,88 | 15 058,50 | 23 287,38 | 24 000 |
| 16 | 8 228,88 | 16 062,40 | 24 291,28 | 25 600 |
| 17 | 8 228,88 | 17 066,30 | 25 295,18 | 27 200 |
| 18 | 8 228,88 | 18 070,20 | 26 299,08 | 28 800 |
| 19 | 8 228,88 | 19 074,10 | 27 302,98 | 30 400 |
| 20 | 8 228,88 | 20 078,00 | 28 306,88 | 32 000 |
| 21 | 8 228,88 | 21 081,90 | 29 310,78 | 33 600 |
| 22 | 8 228,88 | 22 085,80 | 30 314,68 | 35 200 |
| 23 | 8 228,88 | 23 089,70 | 31 318,58 | 36 800 |
| 24 | 8 228,88 | 24 093,60 | 32 322,48 | 38 400 |
| 25 | 8 228,88 | 25 097,50 | 33 326,38 | 40 000 |
| 26 | 8 228,88 | 26 101,40 | 34 330,28 | 41 600 |
| 27 | 8 228,88 | 27 105,30 | 35 334,18 | 43 200 |
| 28 | 8 228,88 | 28 109,20 | 36 338,08 | 44 800 |
| 29 | 8 228,88 | 29 113,10 | 37 341,98 | 46 400 |
| 30 | 8 228,88 | 30 117,00 | 38 345,88 | 48 000 |
| 31 | 8 228,88 | 31 120,90 | 39 349,78 | 49 600 |
| 32 | 8 228,88 | 32 124,80 | 40 353,68 | 51 200 |
| 33 | 8 228,88 | 33 128,70 | 41 357,58 | 52 800 |
| 34 | 8 228,88 | 34 132,60 | 42 361,48 | 54 400 |
| 35 | 8 228,88 | 35 136,50 | 43 365,38 | 56 000 |
| 36 | 8 228,88 | 36 140,40 | 44 369,28 | 57 600 |
| 37 | 8 228,88 | 37 144,30 | 45 373,18 | 59 200 |
| 38 | 8 228,88 | 38 148,20 | 46 377,08 | 60 800 |
| 39 | 8 228,88 | 39 152,10 | 47 380,98 | 62 400 |
| 40 | 8 228,88 | 40 156,00 | 48 384,88 | 64 000 |
| 41 | 8 228,88 | 41 159,90 | 49 388,78 | 65 600 |
| 42 | 8 228,88 | 42 163,80 | 50 392,68 | 67 200 |

Tab. 8 Vstupné hodnoty pre zostavenie grafu bodu zvratu



Obr. 29 Graf bodu zvratu pre stav výroby po racionalizácii